

Universität Regensburg



Wechselwirkungen zwischen Verkehrsinfrastruktur und
Wirtschaftswachstum – Eine theoretische Untersuchung und
empirische Analyse für Deutschland

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines
Doktors der Wirtschaftswissenschaft

eingereicht an der Fakultät für Wirtschaftswissenschaften
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Marcus Zierer

Berichterstatter:
Prof. Dr. Dr. h.c. Joachim Möller
Prof. em. Dr. Dr. h.c. Rainer Gömmel

Tag der Disputation: 19.01.2015

Inhalt

1 Einführung in die Arbeit.....	1
1.1 Einleitung	1
1.2 Beitrag für Wissenschaft und wirtschaftspolitische Relevanz.....	2
1.3 Problemstellung	5
1.4 Methodische Vorbemerkungen.....	6
1.5 Gang der Untersuchung	7
2 Das Schienennetz von 1890 – Plausibilität des historischen Instruments.....	9
2.1 Friedrich List – Nationaltransportsystem und wirtschaftliche Entwicklung.....	9
2.2 Privatinitiativen in den wichtigen Bundesstaaten	10
2.3 Wachsendes Schienennetz, politische Auswirkungen und militärische Interessen .	13
2.4 Wirtschaftliche Wachstumsimpulse und die Entwicklung der Transportkosten	14
2.5 Einkommens- und Wohlstandsentwicklung	17
2.6 Urbanisierung und Städtewachstum.....	19
2.7 Bewertung der wirtschaftsgeschichtlichen Zusammenhänge.....	21
2.7.1 Schienennetzplan von 1890 und Relevanz für das heutige Verkehrsnetz ...	21
2.7.2 Schienennetzplan von 1890 und Exogenität	22
3 Infrastruktur und wirtschaftliche Entwicklung: Theoretische Hintergründe.....	23
3.1 Wachstumstheoretische Ansätze	23
3.1.1 Neoklassische Wachstumstheorie	24
3.1.2 Endogene Wachstumstheorie	28
3.2 Neoklassische Handelstheorien	30
3.2.1 Theorie der komparativen Kostenvorteile.....	31
3.2.2 Standardmodell der traditionellen Handelstheorie.....	32
3.2.3 Ansätze der Neuen Handelstheorie	33
3.3 Regionalökonomische Theorie	35
3.3.1 Agglomerationsbildung nach dem Krugman-Ansatz.....	35
3.3.1.1 Das Kern-Peripherie-Modell	36
3.3.1.2 Wirkmechanismen zwischen Verkehr und Raum.....	38
3.3.1.3 Raumstrukturelle Anpassung	39

3.3.1.4	Analytik und Modifikation der Modelltheorie	41
3.3.2	Stadtökonomische Theorie – Raumwirtschaftliche Effizienz nach Duranton.....	42
3.3.2.1	Monozentrischer Ansatz.....	42
3.3.2.2	Polyzentrischer Ansatz.....	44
a.)	Verkehrsinfrastruktur und stadtökonomische Wohlfahrt.....	44
b.)	Die Bedeutung der Verkehrsinfrastruktur im nationalen Maßstab	50
c.)	Integration der wirtschaftsgeschichtlichen Zusammenhänge ..	53
d.)	Wirtschaftspolitische Implikationen	54
3.4	Bewertung der theoretischen Ansätze.....	55
4	Empirische Studien: Makro-Ansätze zur Bestimmung der Kausaleffekte.....	56
4.1	Produktionsfunktionsansätze mit aggregierten Datensätzen	56
4.1.1	Interdependenzen.....	58
4.1.2	Stationarität der Daten	58
4.1.3	Das Spezifikationsproblem.....	59
4.1.4	Ökonometrische Befunde	59
4.2	Produktionsfunktionsansätze und regionale Datensätze	60
4.3	Untersuchungen auf sektoraler Ebene	62
4.4	Quasi-Produktionsfunktionen auf disaggregierter Ebene.....	63
4.4.1	Der Ansatz von Biehl	64
4.4.2	Der Ansatz von Johansson.....	66
4.5	Ansätze für den vorliegenden Untersuchungsauftrag	68
5	Modelltheorie, Methodik und Datenbasis der empirischen Analyse	70
5.1	Modelltheorie und Schätzansätze für die USA	70
5.1.1	Stadtbevölkerung und Transportkosten im statischen Modell.....	70
5.1.2	Konvergenz zum steady state im dynamischen Modell	71
5.1.3	Transportkosten, Verkehrsinfrastrukturausbau und Bevölkerung	72
5.1.4	Effekte auf das Verkehrsinfrastruktursystem	74
5.2	Modelltheorie und Schätzansätze für Deutschland.....	75
5.2.1	Ein modifiziertes Modell	76
5.2.2	Ökonometrischer Ansatz.....	78
5.3	Methodischer Aufbau	79

5.4	Datenbasis der empirischen Analyse	80
5.4.1	Berücksichtigung der Kreisreformen	81
5.4.2	Verwendete Variablen.....	82
5.4.2.1	Abhängige Variablen	82
5.4.2.2	Unabhängige Variablen.....	83
5.4.2.3	Die Konstruktion der Instrumente für die Infrastrukturvariablen auf der Grundlage historischer Daten.....	85
5.4.2.4	Plausibilität der Instrumente	87
	a.) Reichsautobahnnetz von 1937 – Relevanz und Exogenität	87
	b.) Reichsstraßennetz von 1937 – Relevanz und Exogenität.....	90
6	Kausalität zwischen Verkehrsinfrastruktur und Wirtschaftswachstum	92
6.1	Statistische Probleme	92
6.2	Infrastruktur und Wirtschaftswachstum in West- und Ostdeutschland	93
6.2.1	OLS-Schätzungen	94
6.2.2	Sensitivität der Erststufenschätzungen	97
6.2.3	Sensitivität der IV-Schätzungen	99
6.3	Verkehrsinfrastruktur und Wirtschaftswachstum in Westdeutschland	101
6.3.1	Verkehrsinfrastruktur und Beschäftigung, OLS-Schätzungen.....	102
6.3.2	Erststufenschätzungen	105
6.3.3	Verkehrsinfrastruktur und Beschäftigung, IV-Schätzungen	107
6.3.4	Verkehrsinfrastruktur und Wohlstand, OLS-Schätzungen	109
6.3.5	Erststufenschätzungen	112
6.3.6	Verkehrsinfrastruktur und Wohlstand, IV-Schätzungen	114
6.3.7	Robustheit der Schätzungen.....	116
6.3.8	Einflusswirkung von Verkehrsinfrastruktur auf das Wirtschaftswachstum..	118
6.3.9	Unterschied zwischen den OLS- und IV-Schätzwerten	119
6.4	Der Einfluss des Schieneninfrastruktursystems.....	119
6.5	Effekte in Ostdeutschland	120

7 Konklusion.....	122
7.1 Methodisches Konzept.....	122
7.2 Analytische Ergebnisse.....	123
7.3 Verkehrspolitischer Nutzen und weiterer Forschungsbedarf.....	125
 8 Literatur	 126
 9 Anhang	 149

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1: Schienennetz von Deutschland aus dem Jahr 1890.....	20
Abbildung 2: Zentripetale und zentrifugale Kräfte in Abhängigkeit von den Transportkosten	39
Abbildung 3: Bifurkationsdiagramm für das Krugman Kern-Peripherie-Modell	40
Abbildung 4: Monozentrische Stadt mit linearen Transportkosten.....	43
Abbildung 5: Lohnentwicklung in der polyzentrischen Struktur.....	47
Abbildung 6: Wohlfahrtsökonomische Zusammenhänge	49
Abbildung 7: Divergenz und Konvergenz in räumlicher Perspektive	52
Abbildung 8: Konvergenz zum steady state in der dynamischen Betrachtung.....	72
Abbildung 9: Reichsstraßennetz aus dem Jahr 1937	85
Abbildung 10: Georeferenzierte und interpolierte Schienenkarte von 1890, NUTS-1- und NUTS-3-Ebene.....	86
Abbildung 11: Digitalisierte Schienennetze von 1890 (schwarz) und 2008 (grün), NUTS-3-Ebene	86
Abbildung 12: Digitalisiertes Schienennetz von 1890, NUTS-1- und NUTS-3-Ebene	87
Abbildung 13: Digitalisiertes Reichsautobahnnetz von 1937, NUTS-3-Ebene.....	88
Abbildung 14: Digitalisiertes Reichsstraßennetz von 1937, NUTS-3-Regionen.....	90
Abbildung 15: Verteilung der Wachstumsrate der Beschäftigung, Westdeutschland.....	101
Abbildung 16: Regression, Schienenkilometer von 1890 und 2008, Westdeutschland.....	120
Abbildung 17: Digitalisiertes Schienennetz von 1890, NUTS-1-Ebene (Europa).....	159
Abbildung 18: Digitalisiertes Schienennetz von 2008 (Europa)	159
Abbildung 19: Digitalisiertes Schienennetz von 2008, NUTS-1-Ebene (Europa).....	160
Abbildung 20: Digitalisierte Schienennetze von 1890 und 2008, NUTS-1- und NUTS-3-Ebene (Europa).....	160

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1:	Ökonometrische Befunde auf aggregierter Ebene.....	60
Tabelle 2:	Ökonometrische Befunde auf disaggregierter Ebene	62
Tabelle 3:	Ökonometrische Befunde auf sektoraler Ebene	63
Tabelle 4:	Anzahl der kreisfreien Städte und Landkreise von 1991 bis 2011	81
Tabelle 5:	Übersicht über die abhängigen Variablen auf NUTS-3-Ebene.....	83
Tabelle 6:	Bevölkerungsentwicklung in Deutschland nach Landesteilen im Zeitraum von 1939 bis 2010.....	83
Tabelle 7:	Übersicht über die unabhängigen Variablen auf NUTS-3-Ebene.....	84
Tabelle 8:	Korrelationen für die das Infrastrukturnetz beschreibenden Variablen, West- und Ostdeutschland	89
Tabelle 9:	Deskriptive Statistiken der Verkehrsinfrastrukturvariablen auf NUTS-3-Ebene, West- und Ostdeutschland.....	94
Tabelle 10:	Wachstum der Beschäftigung und Entwicklung des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, Modellansatz von Duranton und Turner, OLS-Schätzung, West- und Ostdeutschland.....	95
Tabelle 11:	Wachstum der Beschäftigung und Entwicklung des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, Alternativspezifikation, OLS-Schätzung, West- und Ostdeutschland	96
Tabelle 12:	Erststufenschätzung: Modellansatz von Duranton und Turner, Alternativspezifikation, West- und Ostdeutschland.....	98
Tabelle 13:	IV-Schätzung (TSLS): Beschäftigungswachstum von 1994 bis 2008 in Abhängigkeit der Verkehrsinfrastruktur, Modellansatz von Duranton und Turner, Alternativspezifikation, West- und Ostdeutschland.....	100
Tabelle 14:	Deskriptive Statistiken der abhängigen Variablen, Westdeutschland	101
Tabelle 15:	Deskriptive Statistiken der Verkehrsinfrastrukturvariablen auf NUTS-3-Ebene, Westdeutschland	102
Tabelle 16:	Wachstum der Beschäftigung und Entwicklung des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, OLS-Schätzung, Westdeutschland	103
Tabelle 17:	Erststufenschätzung: Netzentwicklung (Autobahn) von 1937 bis 1994, Westdeutschland.....	105
Tabelle 18:	Zusammenfassung der Teststatistik – Beschäftigung und Autobahnnetz.....	106
Tabelle 19:	Korrelationen für die das Infrastrukturnetz beschreibenden Variablen, Westdeutschland	107

Tabelle 20:	Wachstum der Beschäftigung und Entwicklung des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, IV-Schätzung (TSLs), Westdeutschland	108
Tabelle 21:	Entwicklung der Lohnsumme und des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, OLS-Schätzung, Westdeutschland.....	110
Tabelle 22:	Erststufenschätzung: Netzentwicklung (Autobahn) von 1937 bis 1994, Westdeutschland	113
Tabelle 23:	Zusammenfassung der Teststatistik – Lohnsumme und Autobahnnetz	114
Tabelle 24:	Entwicklung der Lohnsumme und des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, IV-Schätzung (TSLs), Westdeutschland	115
Tabelle 25:	Wirtschaftswachstum und Entwicklung des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, IV-Schätzung, Westdeutschland	117
Tabelle 26:	Der Einfluss des Autobahnnetzes auf das Wirtschaftswachstum, Westdeutschland	118
Tabelle 27:	Deskriptive Statistiken der Verkehrsinfrastrukturvariablen auf NUTS-3-Ebene, Ostdeutschland	121
Tabelle 28:	Korrelationen für die das Infrastrukturnetz beschreibenden Variablen, Ostdeutschland	121
Tabelle 29:	Entwicklung der Lohnsumme und des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, OLS-Schätzung, Westdeutschland	149
Tabelle 30:	Entwicklung der Lohnsumme und des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, IV-Schätzung (TSLs), Westdeutschland	150
Tabelle 31:	Entwicklung der Lohnsumme und des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, OLS-Schätzung, Westdeutschland	151
Tabelle 32:	Entwicklung der Lohnsumme und des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, IV-Schätzung (TSLs), Westdeutschland	152

1 Einführung in die Arbeit

1.1 Einleitung

In historischen Dimensionen betrachtet, beruht der Grund des Ausbaus der Transportsysteme darauf, Aktionsradien von Menschen und Industrie zu vergrößern. Beschäftigten wird der Zugang zu Arbeitsplätzen ermöglicht. Verbraucher werden mit den Güter- und Dienstleistungsmärkten engmaschiger vernetzt. Auch lässt sich auf Seiten der Produktion eine effizientere Auslastung der Inputfaktoren nachweisen. Zudem schafft ein strukturiertes Verkehrsnetz verbesserte Marktzugangsbedingungen, Produktions- und damit Investitionsmöglichkeiten. Die Verbesserung der Standortqualitäten führt zu starken Siedlungs- und Raumstruktureffekten. Zweifellos ist aufgrund dieser Faktoren ein Einfluss der Verkehrsinfrastruktur auf das regionale Wirtschaftswachstum zu vermuten. Die Zunahme des Personen- und Güterverkehrs kann jedoch auch auf Kapazitätsgrenzen des Verkehrssystems treffen. Damit führt das Wirtschaftswachstum zwangsläufig wieder zu der Notwendigkeit, in die Infrastruktur zu investieren. Selbst wenn die Zusammenhänge auf den Vorleistungscharakter von Infrastrukturen schließen lassen, ist dennoch eine Interdependenzbeziehung zwischen dem Verkehrssystem und der wirtschaftlichen Entwicklung anzunehmen.¹

In der Wissenschaft wie in der Praxis stellt die Abschätzung des Einflusses des Verkehrssystems auf die wirtschaftliche Entwicklung eine der großen Schwierigkeiten dar. Die ermittelten Ergebnisse – auch in Form von Outputelastizitäten – erweisen sich als stark heterogen. Schlussfolgerungen hinsichtlich einer Unterversorgung oder eines bereits erreichten Sättigungsgrads des Infrastruktursystems erscheinen schon deshalb gar nicht möglich. Romp und de Haan machen dennoch deutlich, dass die Wirkungen der Investitionen in die Infrastruktur von dem bestehenden Bestand abhängig sein dürften.² Dies zeigt die Notwendigkeit auf, die Effekte zu schätzen, die durch das Verkehrssystem selbst bewirkt werden. Hinsichtlich der beidseitigen Kausalität stellt Mudge klar, dass die Identifizierung der wechselseitigen Beziehungen eine der größten Herausforderungen in der makroökonomischen Forschung darstellt.³

Das Hauptziel der vorliegenden Arbeit ist, den Sachverhalt der Kausalitätswirkung und -richtung auf makroökonomischer Basis durch Ausnutzung regionaler Variation und Benutzung historischer Daten zu klären. Dazu sollen die beidseitigen Effekte zwischen dem Autobahnnetz und dem regionalen Wirtschaftswachstum für die Nachkriegszeit mit einem Instrumentvariablenansatz nachgewiesen werden. Als Instrumente werden historische Daten für das Eisenbahnnetz von 1890 und das Straßennetz von 1937 (Reichsautobahn- und -bundesstraßennetz) verwendet. Die Schätzung erfolgt mit einem Produktionsfunktionsansatz unter Verwendung von Paneldaten. Die Wirkungszusammenhänge werden über die Veränderungen der Wohlstandsindikatoren Beschäftigung und Lohnsumme und die Veränderungen des Vermögensindikators Erreichbarkeit nachvollzogen. Eingesetzt werden dazu hierarchische Regressionsmodelle. Als Bezugspunkt dient ein ökonometrisches Mehrgleichungsmodell.

Bisher fand dieser Ansatz nur Anwendung in den USA. Durantou und Turner versuchten, für die USA mit Hilfe eines Plans von Straßen von 1947 und eines Plans von Schienenwegen von

¹ Vgl. Schlag (1997), S. 82–106; Jochimsen (1966).

² Vgl. Romp, de Haan (2007).

³ Vgl. Mudge (1996), S. 4–8.

1898 die Veränderung der Raumstruktur und die Entwicklung der Verkehrsinfrastruktur nachzuzeichnen.⁴ Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, abzuklären, inwieweit sich der für die USA erfolgreich durchgeführte Ansatz auch für die Situation in Deutschland eignet. Im gesamten Kontext wird die Erreichbarkeit als Konzept für den zu überwindenden Raum verstanden. Von zentraler Bedeutung für die Untersuchung sind die Variablen der Erreichbarkeit und des Marktpotenzials. In beide fließen Umfang und Ausbau der Verkehrsinfrastruktur mit ein, da diese die Kosten der Raumüberwindung entscheidend beeinflussen.

1.2 Beitrag für Wissenschaft und wirtschaftspolitische Relevanz

Die Arbeit streift einerseits verschiedene Bereiche der makroökonomischen Literatur. Andererseits gelingt es auch, mehrere Lücken in der Forschung zu schließen. So lassen sich einige Ansätze hinsichtlich der Wirkungen der öffentlichen Investitionen auf den Output ableiten. In späteren Arbeiten konnte die Inputvariable mit den Verkehrsinvestitionen zwar näher spezifiziert werden. Die Schätzungen basierten jedoch weiterhin auf makroökonomischen Modellen mit stark aggregierten Datensätzen. Zudem ist die Inputvariable der Investitionen nach wie vor mit der Endogenitätsproblematik behaftet.⁵

Auf Basis eines (regional- und stadttheoretischen) Marktmodellansatzes⁶ finden für die vorliegende Untersuchung Instrumentvariablenschätzer Verwendung. Dabei können externe Variablen als Instrumente eingesetzt werden. Voraussetzung für eine konsistente Schätzung sind gültige Instrumente, die also mit den Regressoren stark korrelieren und zugleich vom Regressanden als nicht beeinflusst gelten. Das Simultaneitätsproblem kann dadurch gelöst werden.⁷ Mit Hilfe dieses Ansatzes ist es möglich, die durch die Veränderung der Verkehrsinfrastruktur bewirkten Effekte zu schätzen. Das Verkehrsnetz selbst wurde in bisherigen Untersuchungen vernachlässigt: Nach Duranton und Turner ist der Grund darin zu sehen, dass die notwendige Datenbasis fehlte. Hieraus ergibt sich auch methodisch die Schwierigkeit, den Problemen, die sich durch Endogenität und umgekehrte Kausalität ergeben, adäquat zu begegnen.⁸

Zudem macht der Forschungsstand deutlich, dass wegen der regionalen (sozio-)ökonomischen und infrastrukturellen Unterschiede die aggregierte Untersuchungsebene nicht zielführend ist. Eine Vernachlässigung eventuell auftretender Heterogenitäten kann zur Nicht-Berücksichtigung wesentlicher erklärender Variablen führen. Dies verursacht wiederum Verzerrungen der Schätzwerte (*omitted variable bias*).⁹ Erschwerend kommt hinzu, dass das ökonometrische Problem der Endogenität nur unzureichend zu lösen ist.¹⁰ Durch das Aufgreifen stadt- oder regionalökonomischer Modelle und Daten gelingt es dagegen, theoretisch relevante Inputfaktoren besser zu identifizieren. Nicht wesentliche unabhängige Faktoren (Kovariate) können dagegen ausgeblendet werden. Auf disaggregierter Untersuchungsebene ist also eine

⁴ Vgl. Duranton, Turner (2011).

⁵ Zu den Schwierigkeiten gibt Gramlich (1994) nähere Ausführungen.

⁶ Zur Vorteilhaftigkeit regional- oder stadttheoretischer Modelle für Untersuchungen auf disaggregierter Ebene, vgl. Haughwout (2002).

⁷ In einer Vielzahl von Studien wurde auf das Simultaneitätsproblem aufmerksam gemacht. Der Problematik wollten Ökonomen dadurch begegnen, exogene Entwicklungen nachzuvollziehen, vgl. Chandra (2000); Michaels (2008).

⁸ Vgl. Duranton, Turner (2011), S. 2.

⁹ Vgl. Kennedy (2008), S. 282; Hsiao (2003).

¹⁰ Vgl. Durlauf, Johnson, Temple (2005).

stärkere Ausdifferenzierung wachstumsbestimmender Determinanten möglich.¹¹ Das Endogenitätsproblem ist dadurch leichter zu lösen. In der regionalökonomischen Forschung wurde zwar früh die zentrale Bedeutung des Verkehrs erkannt. So zielen Untersuchungen von Anas, Anas und Duan wie auch McDonald und Osuji stärker auf die Landnutzung und die Bodenpreise in Regionen mit guter Anbindung an Verkehrsinfrastruktur ab.¹² Jedoch werden in nur wenigen Arbeiten die Interdependenzen zwischen der Verkehrsinfrastruktur und der Veränderung des gesamtwirtschaftlichen Wohlstands bzw. der Raumstruktur behandelt. So greift Steen die Zusammenhänge zwischen der Verkehrsinfrastrukturanbindung und der Bevölkerung auf. Die Ergebnisse weisen eine Abnahme der Bevölkerungszahl mit zunehmender Entfernung vom Verkehrsnetz (Schienennetz) nach.¹³ Mit der Arbeit von Baum-Snow werden die Untersuchungsergebnisse durch einen Instrumentvariablenansatz in Bezug auf das Autobahnnetz (*interstate highway system*) bestätigt. Beobachtet wird dabei die Bevölkerungsdichte innerhalb von Städten. Es wird deutlich, dass Bevölkerungswachstum verstärkt in Autobahnnähe zu beobachten ist, wodurch zugleich Suburbanisierungsprozesse eingeleitet werden. Zudem liefern seine Schätzergebnisse in ersten Differenzen Evidenz dafür, dass Regionen mit einem höheren Ausstattungsgrad an Verkehrsinfrastruktur intensiveres Bevölkerungswachstum zu verzeichnen haben. In diesem Zusammenhang untersucht Baum-Snow weiterhin die raumstrukturellen Effekte des Autobahnnetzausbaus auf gegebene Pendlereinzugsbereiche. Diese Studie stellt dabei den stärksten Bezug zur Kausalschätzung von Duranton und Turner her. In beiden Arbeiten wird angenommen, dass sich Verkehrsinfrastruktur endogen zur wirtschaftlichen Entwicklung verhält. Dem Simultaneitätsproblem zwischen der Verkehrsinfrastruktur und der wirtschaftlichen Entwicklung wird mit Hilfe von Instrumentvariablen begegnet.¹⁴

In Anlehnung an die Studie von Duranton und Turner werden für den vorliegenden Untersuchungsauftrag Instrumentvariablen-schätzungen unter Verwendung von Paneldaten für den gesamtdeutschen Raum nachvollzogen. Als Ausgangspunkt dient dazu ein Mehrgleichungsmodell. Damit gelingt der Nachweis, inwieweit das Verkehrsnetz auf den gesamtwirtschaftlichen Wohlstand wirkt. Neben der Betrachtung der Kausaleffekte wird zudem überprüft, inwieweit sich die Ansätze eignen, Verstärkerungs- wie auch Suburbanisierungsprozesse auf Landkreisebene zu identifizieren. Um die empirische Evidenz zu sichern, erfolgt eine gesonderte Betrachtung zwischen Ost- und Westdeutschland. Im Hinblick auf etwaige Sättigungseffekte des Verkehrsnetzes werden weitere Differenzierungen hinsichtlich unterschiedlicher Größen von Landkreisen und kreisfreien Städten vorgenommen.

Mehrere Gründe sprechen für die politische Relevanz der vorliegenden Arbeit. Das Transportwesen wie auch das gesamte Verkehrsinfrastrukturnetz haben mit einem Bruttoanlagevermögen von über 650 Milliarden Euro eine zentrale Rolle in unserer Volkswirtschaft eingenommen. Zugleich entfallen alleine auf den Verkehrsbereich über 3 % des Bruttoinlandsprodukts. Außerdem geben private Haushalte etwa 14 % ihres verfügbaren Einkommens alleine für Verkehr aus. Gleichzeitig sind vom Bundestag für Verkehrsinfrastrukturinvestitionen jährlich etwa 10 Mrd. Euro vorgesehen. Das Investitionsvolumen wird allerdings nur einem Teil des Finanzierungsbedarfs gerecht. Alleine im Zeitraum von 1995 bis 2010 verzeichnete das Verkehrs-

¹¹ Vgl. Acemoglu, Johnson, Robinson (2001).

¹² Vgl. Anas (1981); Anas, Duann (1985); McDonald, Osuji (1995).

¹³ Vgl. Steen (1986).

¹⁴ Vgl. Baum-Snow (2007a, b, 2010); Michaels (2008); Duranton, Turner (2011), S. 2 f.; Garcia-López (2011).

wesen einen Anstieg der Personenkilometer um knapp 10 %. Der binnenländische Güterverkehr stieg im selben Zeitraum um über 60 % auf 621,5 Mrd. Tonnenkilometer. In den Prognosedaten zeichnen sich dazu stark steigende Trends ab. Während für den Zeitraum von 2004 bis 2025 im Personenverkehr ein Wachstum der Straßen- und Eisenbahnverkehrsleistung von 16,0 % und 25,6 % angenommen wird, ist im Güterbereich aktuellen Prognosen zufolge sogar mit einem Wachstum von 79 % (Straße) bzw. 65 % (Schiene) zu rechnen.¹⁵ Die Politik ist also gefordert, die zur Verfügung stehenden Geldmittel möglichst effektiv einzusetzen. Daher sind Investitionen – auch unter Berücksichtigung von Opportunitätskosten – zuallererst dort zu tätigen, wo die stärksten Wachstums-, Beschäftigungs- und Wohlstandswirkungen zu realisieren sind.

Die Untersuchung zeigt zudem eine Reihe von nützlichen Ergebnissen für die raumwirtschaftliche Entwicklung im Allgemeinen, für die Verkehrs-, Wirtschafts- und Regionalpolitik im Besonderen auf. Werden Ballungsräume mit Verdichtungsräumen gleichgesetzt, so leben etwa 50 % der deutschen Bevölkerung in sogenannten Ballungsgebieten. Großstadregionen (Großstädte und ihre Pendlereinzugsbereiche) weisen schon einen Anteil von etwa 75 % auf.¹⁶ Gleichzeitig stehen Ballungsgebiete und der suburbane Raum in einer Komplementaritätsbeziehung zueinander. Das Verkehrssystem hat dabei eine zentrale Bedeutung für die Entwicklung und Funktionalität der Raum- und Siedlungsstruktur. Das Infrastrukturnetz trägt einerseits zur Verstädterung bei, andererseits werden auch Suburbanisierungsprozesse gefördert.

Schließlich vermittelt die Arbeit ein Verständnis für die wechselseitigen Wirkmechanismen zwischen Verkehr und der wirtschaftlichen Entwicklung. Dabei wird deutlich, wie Regionen aufeinander wirken und dadurch wachsen können. Gleichzeitig lassen sich im Hinblick auf die wirtschaftliche Entwicklung verschiedene Entwicklungsstadien, hinsichtlich des weiteren Netzausbaus unterschiedliche Grenznutzen identifizieren. Hieraus können Instrumente für die Politik abgeleitet werden, womit auf städtische bzw. regionale Ansiedlungsprozesse und die raumwirtschaftliche Effizienz Einfluss genommen werden kann. Insofern spiegelt sich die Vermutung wider, dass Infrastrukturausgaben durchaus als Voraus- wie auch als Folge-Investitionen zu verstehen sind.¹⁷

Die Arbeit verfolgt damit mehrere Zwecke. Zum einen wird die ökonomische Theorie bezüglich des Zusammenwirkens zwischen Verkehrsinfrastruktur und raumwirtschaftlicher Effizienz bzw. volkswirtschaftlichem Wachstum getestet. Die Untersuchung gibt damit einen tieferen Einblick in die räumlichen Systeme und deren Erreichbarkeiten. Zum anderen sind die Ergebnisse des empirischen Teils auf Strukturanalysen zu politischen Entscheidungszwecken ausgerichtet. Die Schätzwerte der vorliegenden ex-post Untersuchung können als gesichert gelten und dienen damit Prognosezwecken, womit auch verschiedene Politiksznarien simuliert und unterschiedliche Finanzierungskonzepte bewertet werden können. Zugleich gelingt die Beurteilung alternativer ökonometrischer Schätzansätze.

¹⁵ Vgl. Intraplan Consult GmbH, Beratergruppe Verkehr und Umwelt GmbH – ITP / BVU (2007), S. 3 ff., 9 ff.

¹⁶ Vgl. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS); Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW); Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).

¹⁷ Vgl. Frey (1972); Duranton, Turner (2011).

1.3 Problemstellung

Die ökonomische Theorie liefert keine eindeutigen Aussagen, welchen Einfluss der Ausbau des Verkehrsnetzes auf das Produktions- und Wirtschaftswachstum hat. Grundsätzlich sind jedoch zwei Wirkmechanismen festzuhalten: Infrastruktur wirkt dann direkt auf die volkswirtschaftliche Entwicklung, wenn die für den Verkehrsbereich notwendigen Investitionen den (Gesamt-)Kapitalstock erhöhen.¹⁸ Indirekte Effekte ergeben sich hingegen, indem Märkte durch die verbesserten Verkehrswege zugänglicher werden und dadurch Wirtschaftswachstum induziert wird.

In der neoklassischen Wachstumstheorie nach Solow wird die Produktionsfunktion um den exogen technischen Fortschritt ergänzt. Hier lassen sich bei der Kapitalakkumulation, also auch bei Investitionen in den Infrastrukturbereich, abnehmende Grenzerträge nachweisen. Damit erklärt sich das Wachstum einerseits durch Faktorvermehrung. Bei gegebener Technologie von Produktionsfaktoren erfolgt ein vermehrter Einsatz. Andererseits könnte Wachstum dadurch induziert werden, dass eine Zunahme der Effizienz des Produktionsprozesses erfolgt. Die Produktionsfunktion wird damit auf ein höheres Niveau verschoben.¹⁹

Die neue Wachstumstheorie nach Romer und Lucas zeigt hingegen auf, dass Grenzerträge nicht zwangsweise abnehmen müssen. Damit können Investitionen im Infrastrukturbereich durchaus Einfluss auf die volkswirtschaftlichen Wachstumsraten haben. Die Technologie versteht sich in diesem Zusammenhang als endogener Faktor. Der Begriff des Kapitals bindet dabei sowohl das Humankapital als auch andere Formen des Wissenskapitals ein.²⁰

Auch die Empirie liefert keine einheitlichen Ergebnisse, welche Wirksamkeit der Verkehrssektor auf das Wirtschaftswachstum hat. Eine Vielzahl von Studien widmet sich für verschiedene Länder den durch das Straßenverkehrsnetz entstehenden Wachstumseffekten. Die Untersuchungen stützen sich vorwiegend auf Schätzungen von Produktionsfunktionen, die vor allem auf hoch aggregierten Makrodaten basieren. Die Ergebnisse in Form von Output-Elastizitäten, welche auf Basis von Zeitreihenanalysen ermittelt wurden, erweisen sich dabei als sehr heterogen.²¹ Die kontrovers geführten Debatten zu diesem Thema halten noch immer stark an. Zu konstatieren ist jedoch, dass bisherige Regressionsansätze, mit denen etwa das Wirtschaftswachstum durch Investitionen in die Verkehrsinfrastruktur „erklärt“ wird, wegen der Endogenitätsproblematik in die Irre gehen. Dabei ist eine Trennung der erreichbarkeitsinduzierten Indikatoren zu weiteren wachstumsbestimmenden Faktoren nicht mehr möglich. Insbesondere ist bei der Untersuchung des Einflusses der Infrastruktur auf das Wirtschaftswachstum der wechselseitigen Wirkungsrichtung Rechnung zu tragen. Die Kausalität zwischen den relevanten Variablen bzw. die jeweilige Wirkungsrichtung ist in der ökonomischen Literatur nicht eindeutig geklärt. Die Ergebnisse von makroökonomischen Ansätzen können zwar im Rahmen von ex-post Analysen als empirisch gesichert gelten. Dennoch ist festzuhalten, dass die Ermittlung präziser Resultate hinsichtlich Kausalwirkung und -richtung durch den erheblichen datenerhebungs- und modellierungstechnischen Aufwand gehemmt wird.

¹⁸ Vgl. Mera (1973); Aschauer (1989).

¹⁹ Vgl. Solow (1956).

²⁰ Vgl. Romer (1986); Lucas (1988); Bertenrath, Thöne, Walter (2006), S. 13.

²¹ Zumeist geschätzt in BIP-Veränderung durch Investitionen in die Infrastruktur.

Für den vorliegenden Untersuchungsauftrag sind die beiden Hauptfragestellungen hinsichtlich des Verhältnisses zwischen Verkehrsinfrastruktur und ökonomischer Entwicklung folgendermaßen zu beschreiben:

1. Wie groß ist der Einfluss der veränderten Erreichbarkeit auf die Wachstumsindikatoren der Volkswirtschaft? bzw.
2. Wie groß ist der Einfluss der Wachstumsindikatoren auf die Veränderung der Erreichbarkeit?

Verglichen werden sollen dabei nicht die absoluten Werte, sondern deren Entwicklung im Betrachtungszeitraum. Weitergehend ist bei dem Modell bezüglich der Kausalität zu hinterfragen, inwieweit die Erreichbarkeit als reines Verkehrsinfrastrukturmaß zu verstehen ist und welche Kausaleffekte im Hinblick auf alternative Verkehrsträgersysteme nachzuweisen sind. Die Notwendigkeit, die Veränderung der Effekte über den Zeitablauf zu identifizieren, wird damit evident. Im Blickpunkt steht dabei, inwiefern räumliche Entwicklung mit der Nutzung von Transportinfrastruktur zu verknüpfen ist.

1.4 Methodische Vorbemerkungen

Für den oben beschriebenen Untersuchungsauftrag sind vorab zwei Ansätze voneinander abzugrenzen:

- Der mikroökonomische Ansatz im Sinne der Nutzen-Kosten-Analyse geht von der Frage aus, welche Ressourcen im Zuge eines Verkehrsinfrastrukturprojekts (Aus- bzw. Neubau) in welchem Maße eingespart werden können. Die Bereitstellung des Verkehrssystems bzw. Verkehrsinvestitionen müssen damit grundlegend der Prüfung optimaler Ressourcenkombination wie auch -verteilung gerecht werden. In der Analyse sind demnach monetarisierbare Maßnahmen zu bewerten, um bestimmte Ziele zu erreichen.²² Während dieses Konzept traditionell häufig Befürworter findet²³, üben doch namhafte (Verkehrs-)Ökonomen starke Kritik²⁴. So betont Samuelson, „the approach is of historical and doctrinal interest, with a limited amount of appeal as a purely mathematical puzzle“²⁵.
- In makroökonomischen Ansätzen werden mit Hilfe von Produktionsfunktionen reine Outputanalysen vorgenommen. Die ökonometrischen Verfahren werden in der ex-post-Perspektive vorgenommen. Nach der Produktionstheorie muss die Verkehrsinfrastruktur als Inputfaktor, verstanden als Kapazitätsangebot, eingehen. In den Produktionsfunktionsansatz eingeführt werden dazu den Markt charakterisierende und begrenzende Inputs. Auch kann der Bezug zum Output durch Faktoren mit Kapazitätseigenschaften hergestellt werden (Quasi-Produktionsfunktion).

In der vorliegenden Studie wird schwerpunktmäßig auf makroökonomische Ansätze abgestellt. Der Grund liegt im Wesentlichen in den Unsicherheiten wohlfahrtstheoretischer Schlussfolgerungen rein mikroökonomischer Studiendesigns.²⁶ Dabei erscheint es schon gar nicht möglich,

²² Vgl. Andel (1998), S. 86 ff.

²³ Vgl. Hicks (1941), S. 335; Mishan (1975); Glaister (1981).

²⁴ Vgl. Sohmen (1976), S. 403 ff.; Coase (1970), S. 118 ff.; Little (1963), S. 180.

²⁵ Samuelson (1963), S. 195.

²⁶ Vgl. Mishan (1959), S. 394; Currie, Murphy, Schmitz (1971), S. 745.

die ökonomischen Interdependenzen näher zu betrachten. Zudem simulieren mikroökonomische Verhaltensgleichungen fest vorgegebene Angebots- und Nachfragekurven für einen bestimmten Zeitabschnitt. Dynamische Prozesse werden damit ausgeblendet. Auch erscheint eine Verknüpfung von mikro- und makroökonomischen Modellen als nicht sinnvoll, da Aggregationen in den Variablen bei Verhaltensgleichungen nicht zu berücksichtigen sind. Makroökonomische Ansätze hingegen eignen sich für die vorgegebenen Fragestellungen in verschiedener Hinsicht. Einerseits lassen sich normative Gestaltungsempfehlungen hinsichtlich Effizienz und Wohlfahrt ableiten. Andererseits sind Prognosen in Bezug auf zukünftige Ereignisse auf Basis der Ergebnisse zu machen. Beides erfolgt durch die Erklärung gesamtwirtschaftlicher Zusammenhänge. Um den Konnex Verkehrsinfrastruktursystem und Wirtschaftswachstum deskriptiv und analytisch nachvollziehen zu können, ist die Verwendung disaggregierter Datensätze unerlässlich. Wegen der zeitlichen und räumlichen Variation gelingen nur dadurch differenzierende Schlussfolgerungen, auch hinsichtlich der Effekte unterschiedlicher Verkehrsträger.

1.5 Gang der Untersuchung

Die vorliegende Arbeit lässt sich in ihrem Aufbau in einen deskriptiven, theoretischen und analytischen Teil gliedern.

Im zweiten Abschnitt werden zunächst der Planungshintergrund des Schienennetzes sowie die Wechselwirkungen zwischen der Schieneninfrastruktur, der wirtschaftlichen und raumstrukturellen Entwicklung im wirtschaftsgeschichtlichen Kontext beschrieben. Dieser Abschnitt könnte zwar als Exkurs der Arbeit zu werten sein. Die Deskription der historischen Zusammenhänge ist dennoch wichtig für das Verständnis der Netzgestaltung einerseits, der infrastrukturellen und ökonomischen Interdependenzwirkungen andererseits. Insbesondere lassen sich durch die Überlegungen wirtschaftsgeschichtliche Argumentationsansätze ausarbeiten, die das methodische Vorgehen der empirischen Analyse rechtfertigen.

Im dritten Abschnitt wird die ökonomische Theorie hinsichtlich der Interdependenzen zwischen Verkehrsinfrastruktur und wirtschaftlicher Entwicklung nachvollzogen. Das Kapitel wird dabei in drei Ansätze strukturiert, die Wachstumstheorie wie auch die Regional- und Stadtökonomik. Nach einer grundlegenden Unterscheidung in die neoklassische und endogene Wachstumstheorie können gemäß der Neuen Ökonomischen Geographie zusätzlich die Wirkungen von Transportkosten auf die raumwirtschaftliche Effizienz nachvollzogen werden. Durch stadttheoretische Ansätze ist auszuarbeiten, inwiefern Städte und Regionen, verursacht durch Standort-, Handels- und die Produktivitätseffekte, aufeinander Einfluss nehmen und miteinander wachsen können. Aus den theoretischen Ansätzen gelingt es, rein wachstumsrelevante Indikatoren für die empirische Arbeit abzuleiten.

Im vierten Kapitel wird der Forschungsstand in der ökonomischen Literatur aufgezeigt. Schwerpunktmäßig wird dazu das methodische Vorgehen ausschließlich unter Berücksichtigung von Produktionsfunktionsansätzen diskutiert. Dadurch wird deutlich, dass Infrastruktur die wirtschaftliche Entwicklung sowohl durch ihre Kapazitätseigenschaft als auch durch ihre Nutzung erklären kann. Dabei werden insbesondere die statistischen Zusammenhänge zwischen der Inputvariablen Infrastrukturinvestitionen und der Outputgröße Wirtschaftswachstum überprüft. Eine systematische Unterteilung findet dabei in die verschiedenen Aggregations-

ebenen statt. Explizit diskutiert wird dabei die angewandte Methodik, wobei insbesondere die Problematik der Endogenität auszuarbeiten ist. Weiterhin ist darauf einzugehen, wie ein unterstellter monokausaler Verlauf die Schätzungen beeinflusst und inwieweit die Kausalrichtung und -wirkung in der makroökonomischen Forschung geklärt ist. Die Darstellung dient neben der Aufschlüsselung bisheriger Ansätze und Ergebnisse auch der methodischen Überprüfung für das im analytischen Teil anzuwendende Schätzverfahren.

Im fünften Abschnitt erfolgt die Ausarbeitung des Kausalmodells. Dazu werden die theoretischen Zusammenhänge auf Basis des von Duranton und Turner erstellten Modells dargestellt und die daraus abgeleiteten Schätzansätze aufgezeigt. In Anlehnung daran wird für Deutschland ein Modell ausgearbeitet, das ebenfalls die Kausalwirkungen zwischen der Verkehrsinfrastruktur und der wirtschaftlichen Entwicklung deutlich macht. Auf Basis der Modelltheorie werden die für den vorliegenden Untersuchungsauftrag relevanten Schätzgleichungen formuliert. Anschließend wird die dazu relevante Datenbasis konkretisiert, wodurch sich die gleichzeitige Aufschlüsselung der für die vorliegende Problemstellung relevanten Variablen ergibt.

Im sechsten Kapitel werden die Kausalwirkungen zwischen dem Autobahninfrastrukturnetz und der wirtschaftlichen Entwicklung ökonometrisch nachvollzogen und quantifiziert. Die zu identifizierenden Effekte werden dabei auch unter Zugrundelegung der beiden Modellansätze verglichen. Bezogen auf West- und Ostdeutschland werden die Zusammenhänge zunächst aufgeschlüsselt und erörtert. Anschließend werden die Untersuchungen auf Westdeutschland spezifiziert. Um das methodische Vorgehen zu vermitteln, ist der Vergleich der OLS- und IV-Schätzwerte von grundlegender Bedeutung. Damit gelingt es, die Zusammenhänge zwischen dem Verkehrsnetz, der wirtschaftlichen und raumstrukturellen Entwicklung darzustellen. Andererseits wird dadurch explizit aufgezeigt, inwieweit das Endogenitätsproblem zu identifizieren und zu lösen ist. Durch die Aufschlüsselung der Zusammenhänge gelingt dann die statistische Auswertung der hier relevanten Regressionsansätze.²⁷

In der Konklusion werden alle Abschnitte dann miteinander verbunden und die dazu relevanten Ergebnisse im Hinblick auf die hier angeführten Fragestellungen zusammengefasst. In diesem Zusammenhang wird dann nochmal der empirische Gehalt dieser Arbeit aufgezeigt. Natürlich ergibt sich hieraus auch die methodische und analytische Relevanz für weitere wissenschaftliche Arbeiten.

²⁷ Die vorliegende Studie zielt darauf ab, die Effekte zwischen dem Autobahnnetz und dem Wirtschaftswachstum zu identifizieren. Die folgenden Ausführungen – insbesondere die Modelltheorie wie auch der empirische Teil – erfolgen in Anlehnung an das von Möller und Zierer ausgearbeitete Konzept, vgl. Möller, Zierer (2014).

2 Das Schienennetz von 1890 – Plausibilität des historischen Instruments

Ziel der gesamten wirtschaftsgeschichtlichen Überlegungen ist einerseits, für den modelltheoretischen Ansatz Indikatoren hinsichtlich der Kausalitätsrichtung und -wirkung zu formulieren und zu bestimmen. Andererseits werden auch Argumentationsansätze ausgearbeitet, die die Verwendung des Instruments des historischen Schienennetzplans im Hinblick auf die Relevanz und Exogenität plausibilisieren. Gleichzeitig gelingt es, die Komplexität historischer Ereignisse und deren Auswirkungen zu erfassbaren Zusammenhängen zu verdichten. Im Folgenden wird ein kurzer historischer Rückblick über die Planungshintergründe und Wechselwirkungen der Schieneninfrastruktur gegeben, da innerhalb weniger Jahrzehnte wohl kein anderes Verkehrsmittel eine vergleichbare Wirkung auf die wirtschaftliche Entwicklung, die Raumstruktur und den Verkehr selbst hatte.²⁸

2.1 Friedrich List – Nationaltransportsystem und wirtschaftliche Entwicklung

Als Politiker, Wissenschaftler und Publizist setzte sich Friedrich List für den Aufbau der volkswirtschaftlichen Wertschöpfung und die langfristige Sicherung des Wohlstands ein. Nach List könnte es nur mit Hilfe des deutschlandweit ausgebauten Eisenbahnnetzes und des deutschen Zollvereins gelingen, die Rückständigkeit des politisch zersplitterten und weitestgehend agrarisch geprägten deutschen Bundes gegenüber der Wirtschaftsmacht England zu überwinden. Die um 1839/40 veröffentlichten Aufsätze zum nationalen Zollwesen bildeten die Vorarbeiten zu seinem um 1841 erschienen Hauptwerk „Das nationale System der politischen Ökonomie“. List legte zugrunde, dass in den bewirkten Produktivkräften (Handel, Gewerbe, Landwirtschaft) ein sich selbst verstärkender Prozess zu sehen sei, der den Wohlstand des Volkes herbeiführt. Dazu befürwortete er die Einführung eines Schutzzolls, der den deutschen Markt mit seiner jungen Industrie vor Importen schützen sollte. Zölle gehen zwar in der kurzen Sicht zu Lasten der heimischen Verbraucher, die eingebüßten Konsumvorteile könnten jedoch durch langfristige Investitionen in den Markt überkompensiert werden. Er betont dabei explizit, dass durch die Einführung der Schutzzölle die heimische Konkurrenz gestärkt und auf lange Sicht die Wohlfahrt gesteigert würde. Ohne den freien Handel und die Ansätze der komparativen Vorteile im Allgemeinen zu bestreiten, setzt sich List dennoch kritisch mit der traditionellen Handelstheorie auseinander. Smith, Ricardo und Say würden insbesondere die Bedeutung der Produktion hervorheben und (aufgrund ihrer komparativ-statischen Analyse) rückständige Länder wie Deutschland in ein dauerhaftes Abhängigkeitsverhältnis führen. Neben Grote und Harkort betonte List die Bedeutung des Ausbaus eines nationalen Verkehrsinfrastrukturnetzes, indem er sich mit den Gesamtwirkungen bzw. der Produktivität des Transports auseinandersetzt. Die positiven Effekte ließen sich jedoch erst nach Einführung des Schutzzolls effizient realisieren.²⁹

Gleichzeitig erkannte er die Interdependenzen zwischen der Manufaktur und dem nationalen Verkehrssystem. Ein stark ausgebautes, weit verbreitetes Verkehrsnetz und die damit verbundene Komplementarität unterschiedlicher Transportmöglichkeiten können die Produktion an den verschiedensten Standorten begünstigen und die Beschäftigung fördern. Dadurch werde langfristiger Wohlstand gesichert. Zudem hat das gleichmäßig erschlossene Schienennetz

²⁸ Vgl. Hoffmann (1961), S. 110 ff.

²⁹ Vgl. List (1841).

eine wichtige militärstrategische Bedeutung und dient somit auch der nationalen Sicherheit. Neben den verschiedenen Verkehrsträgerarten wie der möglichen Nutzung von Kanälen und Chausseen räumte er also einem ganzheitlichen Nationaleisenbahnsystem den Vorzug ein. Gleichzeitig führt der Wettbewerbsdruck unter den verschiedenen Verkehrsträgern zu preiswerteren Transportkosten, wodurch sich Rationalisierungsmaßnahmen ergeben könnten. Dies führt im Ergebnis wiederum zu einer Steigerung des Produktionspotenzials und setzt einen weiteren Wachstumsimpuls. Im Kern zielten Lists Überlegungen also insbesondere auf die wirtschaftspolitische und militärstrategische Bedeutung eines überregionalen Transportnetzes ab.³⁰

2.2 Privatinitiativen in den wichtigen Bundesstaaten

Die einzelnen Schritte auf dem Weg zur ökonomischen, gesellschaftlichen und teilweise auch politischen Einigung Deutschlands waren keineswegs zielgerichtet und einheitlich.³¹ Im Hinblick auf den Ausbau des Schienennetzes dominierten zunächst die Initiativen der Privaten. Sie gaben den Anstoß für den entscheidenden Durchbruch des neuen Verkehrsmittels, so dass seine Anfänge plakativ sogar als „Werk des Kapitalismus“ bezeichnet wurden.³² In Anlehnung an Fremdling kann die folgende Darstellung der geschichtlichen Entwicklung in den wichtigsten deutschen Bundesstaaten diese These belegen.³³

In Bayern stand ab 1819 das Projekt einer Kanalverbindung zwischen Main und Donau im Mittelpunkt des öffentlichen Interesses. Die gleichzeitig einsetzende Diskussion über den Bau von Eisenbahnen führte deshalb zunächst zu keinem Ergebnis. König Ludwig I. (1825 – 1848) verweigerte die Konzessionsgesuche, denn er wollte das Projekt „Ludwigskanal“ nicht gefährden.³⁴ Trotzdem gelang es schließlich den großen Handelshäusern in Nürnberg und Fürth, den Bau der ersten Eisenbahn in Deutschland durchzusetzen. Der große Erfolg dieser Bahn führte schon ein Jahr später zur Gründung von Eisenbahnkomitees, die eine Nord-Südbahn durch Bayern planten. Sie sollte das Land im Norden mit Sachsen, im Süden mit der Schweiz verbinden. Im gleichen Jahr wurde eine Genehmigung zur Verbindung von München und Augsburg erteilt, die 1840 den Betrieb aufnahm. Die drohende Gefahr, dass das Land durch Privatbahnen von Nachbarstaaten umgangen werden könnte, bewog dann die bayerische Regierung, alle geplanten Projekte zu verstaatlichen und das Teilstück München-Augsburg von den Aktionären zu kaufen.³⁵

In Baden, einem Bundesland, das sich erst zu Beginn des 19. Jahrhunderts unter Mithilfe Napoleons zu einem Großherzogtum entfaltete, standen am Anfang des Eisenbahnzeitalters ebenfalls Privatinitiativen, die jedoch von der Regierung behindert wurden.³⁶ Als die Absicht bekannt wurde, dass eine linksrheinische Verbindung von Basel über Straßburg ins rheinische

³⁰ Vgl. List (1841).

³¹ Vgl. Hamerow (1958). Dabei werden die Kräfte und Gegenkräfte in Wirtschaft und Politik während des Übergangs von der agrarisch-feudalistischen zur industriell-bürgerlichen Gesellschaft herausgearbeitet.

³² Vgl. Sombart (1903), S. 281.

³³ Vgl. Die Ausführungen beziehen sich auf Fremdling (1985).

³⁴ Vgl. Witt (1968).

³⁵ Vgl. Fremdling (1985), S. 116 f.

³⁶ Vgl. Kuntzenmüller (1953).

Bayern (Pfalz) errichtet werden sollte, sprach sich der badische Landtag dafür aus, eine Eisenbahn auf Staatskosten zu errichten und damit die erst zusammenwachsenden Landesteile zu verbinden.³⁷

Ungünstiger war die Lage von Württemberg. Es bestand nämlich die Gefahr, in Ost-West-Richtung von Bayern und in Nord-Süd-Richtung von Baden umgangen zu werden.³⁸ Schon 1835/36 bildete sich deshalb eine Gesellschaft mit dem Ziel, eine Bahn zwischen Friedrichshafen, Ulm, Stuttgart und Heilbronn zu bauen. Der Staat versagte dazu jedoch die Genehmigung. Ebenso wurde den Privaten nicht die Initiative gewährt, eine Ost-West-Verbindung durch das Land zu bauen. Die drohende Gefahr, gegenüber Bayern und Baden deutlich ins Hintertreffen zu geraten, führte schließlich 1850 zu einer Einigung mit den genannten Nachbarstaaten.³⁹

Auch Hessen und die Rheinpfalz lagen verkehrsgeographisch ungünstig und mussten damit befürchten, von den Nachbarstaaten umgangen zu werden. Kurhessen, Nassau und Hessen-Darmstadt verhielten sich trotzdem zunächst zögerlich.⁴⁰ Eine Teilstrecke der Nassauischen Rhein- und Lahn-Eisenbahn wurde erst 1856 eröffnet.⁴¹ In Kurhessen wurde versucht, dass Kassel der große Eisenbahnknotenpunkt Deutschlands in Ost-West- und Nord-Süd-Richtung werden sollte. Dazu boten sich verschiedene Gesellschaften an. Da aber der Staat den Bau beschlossen hatte, durften sie nur zur Kapitalbeschaffung beitragen, die über das Bankhaus Rothschild erfolgte.⁴² Hessens Hauptinteresse galt damit zunächst den Langstrecken, um mit den auswärtigen Handelsplätzen stärker in Verbindung zu treten. Erst dann wurden innere Verbindungslinien für die gewerbereichen Städte geschaffen.⁴³ Die Taunusbahn (Frankfurt-Wiesbaden) dagegen wurde allein durch Privatinitiativen, insbesondere durch Frankfurter Bankhäuser realisiert.⁴⁴ Das Eisenbahnprojekt für Hessen-Darmstadt, die Main-Neckarbahn, wurde nach Einigung mit Frankfurt und Baden im Jahre 1842 auf Staatskosten ausgeführt.⁴⁵ Wegen des anfänglichen Widerstands der Regierung konnte erst im Jahre 1853 die Hessische Ludwigsbahn als eine der einträglichsten Privatbahnen Deutschlands eröffnet werden.⁴⁶ In der Rheinpfalz, durch die sich vor allem die Beförderung von Steinkohle aus dem Saarland anbot, wurde schon 1838 eine Konzession zum Bau einer Bahn zwischen Mannheim und Bexbach in Richtung Saarbrücken erteilt.⁴⁷ Die linksrheinische französische Eisenbahn wurde mit der in privater Hand geführten Pfälzischen Maximiliansbahn fortgesetzt.⁴⁸

Im Königreich Sachsen räumte der Staat den Privatbahnen von Anfang an den Vorrang ein. Die Regierung sollte nur dann intervenieren, wenn sich durch den Betrieb auf privatwirtschaftlicher Ebene keine Gewinne erzielen ließen.⁴⁹ In den Jahren 1836 bis 1839 wurde unter dieser Prämisse die Verbindung Leipzig-Dresden errichtet. Leipzig hatte gemeinsam mit Sachsen

³⁷ Vgl. Kuntzenmüller (1953), S. 6 ff.

³⁸ Vgl. Jacob (1895), S. 3–9.

³⁹ Vgl. Supper (1895), S. 1–10.

⁴⁰ Vgl. Dröll (1912), S. 4 ff.

⁴¹ Vgl. Michaelis (1859), S. 204 ff.

⁴² Vgl. Reden (1843–1847), S. 1595 ff.

⁴³ Vgl. Dröll (1912), S. 49 ff.

⁴⁴ Vgl. Reden (1843–1847), S. 1651 ff.

⁴⁵ Vgl. Dröll (1912), S. 52 f.

⁴⁶ Vgl. Michaelis (1859), S. 217 ff.; Dröll (1912), S. 47 ff.

⁴⁷ Vgl. Reden (1843–1847), S. 2290 ff.

⁴⁸ Vgl. Michaelis (1859), S. 238; Döhn (1957), S. 42 ff.

⁴⁹ Vgl. Rehbein (1953), S. 54.

das Anliegen, dass sich vorwiegend der Streckenausbau an den Haupthandelswegen orientieren sollte.⁵⁰ An der Planung wirkte insbesondere Friedrich List mit.⁵¹ Als eine der erfolgreichsten Privatbahnen Deutschlands wurde wenig später die gesamte Bahnlinie bis Magdeburg fortgesetzt und 1848 vollendet. Verbindungen nach Norden (Berlin), Südwesten (Bayern) und Osten (Schlesien) folgten, wobei das Privatkapital sowie die ökonomische Motivation der Staatsorgane auch im Königreich Sachsen ausschlaggebend waren.⁵²

Sehr umfangreich sind die wissenschaftlichen Untersuchungen zum Eisenbahnbau in Preußen, da hier der Klassengegensatz Junker und Bürgertum den grundsätzlichen Widerstand der preußischen Staatsbürokratie immer erneut herausgefordert hat.⁵³ Während der napoleonischen Kriege hatte der Staat den Ausbau der Chausseen besonders gefördert; insofern nahm er gegenüber der Schieneninfrastruktur eine deutlich negative Haltung ein. Als Friedrich List 1835, unterstützt von Bankiers um eine Konzessionierung für die Strecken Berlin-Hamburg und Magdeburg-Leipzig nachsuchte, wurden seine Planungen abgelehnt.⁵⁴ Nach 1850 wurde dann dem Güterverkehr um Berlin besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Nachdrücklich ist dabei versucht worden, Zu- und Abfuhr für die städtische Industrie zu erleichtern.⁵⁵ Trotz vieler Rivalitäten und des staatlichen Widerstandes konnten auch in den Westprovinzen Preußens die Privatbahnen Rheinische Eisenbahngesellschaft, Köln-Mindener Eisenbahn, Düsseldorf-Elberfelder und die Bergisch-Märkische Eisenbahn gebaut werden.⁵⁶

Bis 1850 hatten sich also vier verkehrsgeographische Eisenbahnschwerpunkte gebildet, nämlich ein mittel- und norddeutsches mit den Zentren Leipzig, Berlin, Hamburg und Hannover, ein mittelrheinisches um Köln, ein südwestdeutsches um Frankfurt und ein bayerisches um München und Nürnberg.⁵⁷ Zunächst löste dabei der Eisenbahnbau ab 1835 eine Aufbruchsstimmung aus, die der Staat und insbesondere die Privaten zu kräftigen Investitionen nutzten. Menschen aller Stände der feudalistischen Gesellschaft versuchten, Aktien für den Bahnbau zu erwerben.⁵⁸ Der Ansturm auf Eisenbahnaktien war enorm. Zweistellige Dividendenzahlungen waren die Regel. Zudem förderten auch Erfahrungen aus England die Kapitalnachfrage. Die um 1836 festgesetzten Konzessionsbedingungen dienten sodann als offizielle Gesetzesgrundlage. Damit wurden mithin aktienrechtliche Vorschriften festgesetzt. Dadurch wurde auch die mittelständische Bevölkerung angesprochen, die in Investitionen hohe Gewinnerwartungen setzte. Erst als einzelne Länder wie beispielsweise Bayern und Preußen Bestimmungen festlegten, nach denen Gewinne auch staatlich begrenzt werden konnten, ebnete dieser anfängliche „Bahnaktienrausch“ etwas ab. Zusammenfassend lässt sich also feststellen, dass für den entscheidenden Durchbruch des neuen Verkehrsmittels Privatinitiativen gesorgt haben.⁵⁹ Die vielen Kleinstaaten des deutschen Bundes spielten beim anfänglichen Ausbau zunächst noch eine zurückhaltende Rolle. Erst als die Befürchtung sich verbreitete, der Eisenbahnbau

⁵⁰ Vgl. Wiedemann (1902), S. 18 ff.

⁵¹ Vgl. Niedermüller (1880).

⁵² Vgl. Fremdling (1985), S. 122.

⁵³ Vgl. Fremdling (1985), S. 123 f.

⁵⁴ Vgl. Henderson (1967), S. 167 f.

⁵⁵ Vgl. Reichsverkehrsministerium (1938), S. 311.

⁵⁶ Vgl. Fremdling (1985), S. 125.

⁵⁷ Vgl. Gall, Pohl (1999), S. 29 f.

⁵⁸ Vgl. Frankfurter Jahrbücher (1837), S. 120.

⁵⁹ Vgl. Sombart (1903).

könnte eine Handelsumlenkung zur Folge haben, erwies sich dies als ein starker Impuls für den Eisenbahnbau in Deutschland.⁶⁰

2.3 Wachsendes Schienennetz, politische Auswirkungen und militärische Interessen

Das deutsche Eisenbahnnetz wuchs von 1840 bis 1860 auf fast 6.000 Kilometer an. Die Bahnlinien überzogen nicht nur die Länder des Deutschen Bundes, sondern alle Staaten Mitteleuropas. Im Jahre 1846 waren allein in Deutschland rund 180.000 Menschen am Bahnbau beteiligt.⁶¹ Die durch den Ausbau des Schienennetzes gegebenen Vorteile im Hinblick auf Massentransporte und Zeitersparnisse waren schnell erkennbar.⁶² Wirtschaft und Gesellschaft wuchsen dadurch immer mehr zusammen, ebenso die deutschen Bundesländer.

Bereits vom Wiener Kongress (1814/15) wurde die Zielsetzung einer gemeinsamen Zollpolitik formuliert.⁶³ Zu dieser Zeit bestand der Deutsche Bund aus einem einfachen Verbund selbständiger, politisch und wirtschaftlich unabhängiger Staaten, jedoch ohne gemeinschaftliche Gesetzgebungsbefugnisse. Auch wurde dem Bund schon früh eine militärische Bedeutung zugeschrieben. So war König Friedrich I. von Preußen „entschieden für einen Bund, welcher die Unabhängigkeit und Sicherheit Deutschlands nach außen zu gewährleisten imstande war, dagegen für Selbständigkeit der einzelnen Staaten in bezug auf Ordnung ihrer inneren Angelegenheiten“⁶⁴. Den Auftakt für das politische Zusammenwachsen Deutschlands im 19. Jahrhundert setzte der Deutsche Zollverein, der zu Beginn des Jahres 1834 18 Bundesstaaten in sich vereinigte und damit die Zahl der Schlagbäume im Deutschen Bund erheblich verminderte. Mit dem Zusammenschluss zur Zollunion verzichteten einige deutsche Staaten auf eigenständige Rechte. In den nachfolgenden Jahren schlossen sich die übrigen Bundesstaaten dem Bund an, der die bestehenden Handelsbarrieren abbaute, die Zolllasten verminderte und (ohne Österreich) indirekt auf die kleindeutsche Einheit hinwirkte. Der erste große Schritt zum verkehrsmäßigen Zusammenwachsen erfolgte im Jahre 1847 mit der Gründung des Vereins Deutscher Eisenbahnverwaltungen.⁶⁵ In seiner Denkschrift von 1849 wurden die sozialen, kommerziellen, industriellen und politischen Auswirkungen des deutschen Eisenbahnnetzes geschildert.⁶⁶ Im deutschen Binnenhandel wurden also durch den Abbau von Zolllasten die politischen und wirtschaftlichen Verflechtungsbeziehungen (sich selbst tragendes Wachstum, Multiplikatorbeziehungen usw.) der einzelnen Staaten intensiviert. Der Eisenbahnbau förderte dabei auch die Aktionsfähigkeit der einzelnen Staaten.

Die grundlegende politische Problematik, dass das Land kein einheitlicher Staat war, und die Frage, ob den Privat- oder Staatsbahnen der Vorzug einzuräumen sei, behinderten den Ausbau zeitweilig. Erschwerend für eine frühzeitige und endgültige Festlegung wirkten sich zusätzlich die Revolutionsjahre 1848/49 aus, als es den demokratischen und liberalen Kräften zeitweilig gelang, die Fürstenmacht zurückzudrängen, und als sich zusätzlich eine erste par-

⁶⁰ Vgl. Leiskow (1930), S. 7 ff.

⁶¹ Vgl. Wehler (1989), S. 616 ff.; Fremdling (1985), S. 98.

⁶² Vgl. Liebl (1982), S. 251 ff.

⁶³ Wichtiger Impulsgeber zum preußischen Zollgesetz von 1818 war auch Friedrich List.

⁶⁴ Pfister (1888), S. 316.

⁶⁵ Vgl. Treue (1966), S. 526 ff.

⁶⁶ Vgl. Eisenbahnzeitung (1849), S. 202 f.

lamentarische Versammlung in der Frankfurter Paulskirche konstituieren konnte. Deren Zerstrittenheit, die sich im Laufe der Sitzungen immer deutlicher zeigte, nutzten dann allerdings die königlichen, fürstlichen und konservativen bürgerlichen Autoritäten bewusst zur Niederschlagung der freiheitlich-demokratischen Bestrebungen.

Im Verlaufe des 19. Jahrhunderts wurde aber immer klarer erkennbar, dass der Eisenbahn auch eine militärische Funktion zugewachsen war. Sie bot den Militärs immer wieder den Anlass, ihre Forderungen beim Ausbau des Schienennetzes und bei der Ausstattung der Bahninfrastruktur so einzubringen, dass diese bei Bedarf jederzeit aktiviert werden konnten. Nachhaltige politische Impulse für das Zusammenwachsen der deutschen Länder zu einem Reich gaben sodann die militärischen Aktionen im Dänischen Krieg 1864, im Preußisch-Österreichischen Krieg 1866 und im Krieg gegen Frankreich 1870/71. Im letzteren wurden innerhalb von drei Wochen auf neun Linien 384.000 Mann zur deutsch-französischen Grenze befördert.⁶⁷ Diese gemeinsame militärisch-politische Aktion förderte das Bewusstsein der Zusammengehörigkeit der deutschen Länder in besonderer Weise und führte zur Bildung des Zweiten Deutschen Reiches 1871 (Bismarckreich). Damit hatte die Schieneninfrastruktur einen hervorragenden Beitrag zur politischen Einheit Deutschlands geleistet, auch wenn Österreich wegen der mit Preußen bestehenden Rivalitäten ausgeschlossen blieb. Zwar besaßen einige Länder Süddeutschlands, allen voran Bayern, noch bis 1919 sogenannte Reservatrechte (z. B. im Eisenbahn- und Postwesen). Im Vergleich mit dem Flickenteppich aber vor dem Krieg von 1870/71 dominierte der technische Fortschritt in Gestalt des nun vor allem bis 1890 verstärkten Ausbaus des Eisenbahnnetzes.

2.4 Wirtschaftliche Wachstumsimpulse und die Entwicklung der Transportkosten

Eisenbahnen lösten insbesondere in den ersten Jahrzehnten ihres Einsatzes bis zum Beginn des Ersten Weltkrieges eine große wirtschaftliche Expansion aus.⁶⁸ In den Jahren zwischen 1840 und 1873 betrug die jährliche Wachstumsrate der Tonnenkilometer 15,3 %. Auch in den Jahren 1874 bis 1913 ergaben sich noch durchschnittliche Gewinne von 4,8 % bei den Tonnenkilometern und 5,1 % bei den Personenkilometern. Bis zum Ende des 19. Jahrhunderts wurden auf dem Schienennetz jährlich rund 900 Mio. Fahrgäste auf 21 Mrd. Personenkilometern befördert. Die Tonnenkilometer beliefen sich auf 30 Mrd. Damit beherrschten die Eisenbahnen fast die gesamte wirtschaftliche Verkehrsinfrastruktur des Landes. Dagegen verbilligten sich über den gesamten Zeitraum die Transportpreise sowohl pro Personen- als auch Tonnenkilometer im Interesse der Wirtschaft systematisch.⁶⁹ Frachtkosten nahmen von Beginn an eine Schlüsselrolle ein. Schon früh wurde erkannt, dass die Rentabilität neuer Industriestandorte insbesondere auch stark von den Frachtsätzen in den verschiedenen Produktionszweigen abhängt.⁷⁰ Dazu waren jedoch zunächst einheitliche Tarifsätze zu schaffen. Artikel 45 der

⁶⁷ Vgl. Schadendorf (1965), S. 38.

⁶⁸ Der Historiker Franz Schnabel sah in der Eisenbahn damit sogar das wichtigste Mittel des wirtschaftlichen Aufstiegs, vgl. Schnabel (1934).

⁶⁹ Vgl. Statistisches Amt (1907), S. 302 f.; Statistisches Amt (1915), S. 137–138.

⁷⁰ Vgl. Haushofer (1873), S. 34 ff.

Reichsverfassung wirkte auf eine Abkehr der Spezialfrachttarife⁷¹ hin und verwies damit zunächst auf sich annähernde gleichmäßige und niedrige Transportsätze.⁷² Auch hatte die Tarifreform das Ziel, die Wohnverhältnisse der anwachsenden Städte zu verbessern und die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Beziehungen den Großstädten anzugliedern. Damit würde zugleich eine Dezentralisierung der Siedlungen in Hauptstädten gelingen. Zudem könnten Unternehmen ihre traditionellen Standorte in den Stadtkernen verlassen und sich in Randbezirken niederlassen.⁷³ Ab 1907 konnte dann für ganz Deutschland ein einheitlicher Personentarif umgesetzt werden.

Schwerpunkte der Güterbeförderung waren zum Beginn der industriellen Revolution Kohle und Eisenerz. Während um 1700 nur etwa 3 Mio. Tonnen Steinkohle weltweit gefördert wurden, waren es 100 Jahre später 13 Mio. Tonnen. Im Jahre 1950 wurden schon 1.394 Mio. Tonnen registriert.⁷⁴ Sie lieferte vor allem die nötige Energie zum Antrieb der Transportmittel und wurde gegen Ende des 19. Jahrhunderts zur Erzeugung von elektrischer Energie eingesetzt. Allerdings dominierte bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts vor allem die englische Steinkohle den Kohlenmarkt Deutschlands. Selbst die Versorgung von Berlin erfolgte weitgehend durch England.⁷⁵ Ursache dafür waren die niedrigen Frachtkosten auf den Wasserwegen, mit denen der Landtransport zunächst nicht konkurrieren konnte. Die zunehmende Ausbreitung des Eisenbahnnetzes und die gezielte Senkung der Transportkosten bewirkten dann zur Mitte des 19. Jahrhunderts, dass die deutschen Kohlefördergebiete Oberschlesien und Ruhrgebiet den englischen Konkurrenten vom Markt weitgehend verdrängen konnten. Dies gab wiederum einen entscheidenden Impuls für den Kohlebergbau in Deutschland.⁷⁶

Allgemein lässt sich für Deutschland festhalten, dass leistungsfähige und integrationsfördernde Eisenbahnen die Voraussetzungen dafür schufen, die Absatzgebiete der deutschen Kohlenreviere zu erweitern und den Kohlenverbrauch anzuregen. Da die Kohle der wichtigste Energieträger der Zeit war, wirkte der Ausbau des Eisenbahnnetzes auch geographisch in immer größerem Maße auf die Verhältnisse von Produktion und Produktionsbedingungen ein, ausgelöst durch eine drastische Senkung der Transportkosten (für Kohle), die das Absatzgebiet um ein Mehrfaches erweiterte⁷⁷, was wiederum zu einer schnellen, allgemeinen Senkung der Transportkosten führte⁷⁸. Nebeneffekte waren unter anderem, dass dadurch regionale und lokale Export- und Wettbewerbsvorteile für die gesamte Industrie und deren Standorte realisiert wurden.⁷⁹

Ähnlich rapide wuchs die Nachfrage nach Eisen. Sein Bedarf richtete sich in erster Linie auf hochwertiges modernes Kokseisen. Die stark steigende Nachfrage konnte in den Anfangsjahren zwischen 1835 und 1844 nur durch Importe gedeckt werden. So wurden im Jahre 1844 noch 90 % aus England geliefert.⁸⁰ Schon in den fünfziger Jahren aber war der deutsche Markt nur noch unerheblich davon abhängig, da der Ausbau des Eisenbahnnetzes die Transportkostenbelastung erheblich senkte. Während um 1800 Eisenerz mit etwa 50 % an Transportkosten

⁷¹ Vgl. Bodenheimer (1876), S. 10 ff.

⁷² Vgl. Fuchs (1907).

⁷³ Vgl. Heiligenthal (1927), S. 1–9.

⁷⁴ Vgl. Gerlach (1960), S. 283 f.

⁷⁵ Vgl. N. N., Berlin und seine Eisenbahnen 1847–1896 (1896).

⁷⁶ Vgl. Henderson (1965). Darin werden die von England ausgehenden Impulse dargestellt.

⁷⁷ Vgl. Gömmel (1986), S. 16–18.

⁷⁸ Vgl. Borght (1894), S. 243.

⁷⁹ Vgl. Ministerium der öffentlichen Arbeiten (1911), S. 88 f., 258–299.

⁸⁰ Vgl. Wehler (1989), S. 624.

belastet war, ging der Anteil gegen Ende der 1870er Jahre auf durchschnittliche 10 % zurück. Sinkende Frachtkosten waren mit ebenfalls sinkenden Produktionskosten verbunden.⁸¹ Die unmittelbaren Auswirkungen auf die Eisenerzeugung bestätigen dieses Wachstum. „In Preußen, das fast die gesamte Koksroheisenerzeugung Deutschlands repräsentierte, stieg die Roheisenerzeugung von 137,6 tausend Tonnen 1851 auf 394,7 tausend Tonnen 1860 an.“⁸² Etwa 50 Prozent des Gesamtverbrauchs der Produkte der Eisen- und Stahlindustrie waren dem Eisenbahnsektor zuzurechnen.⁸³ Damit hatte die Bahn auf das Wachstum der inländischen Eisenindustrie einen entscheidenden Einfluss.

Neben Eisen, Stahl und Kohle entwickelte sich der Maschinenbau als wichtiger Führungssektor der Industrialisierung. Er hatte sich zunächst auf Werkzeug-, Spinn- und Dampfmaschinen konzentriert. Das bekannteste Beispiel für den schnellen Aufstieg des Maschinenbaus ist das Berliner Borsigwerk. 1836 von August Borsig gegründet, wurde dort 1841 die erste Lokomotive gebaut, und schon fünf Jahre später verließ die hundertste das Werk. Ähnliche Erfolge erzielten KrausMaffei in München und die Kesslersche Maschinenfabrik in Karlsruhe.⁸⁴

Der Ausbau des Verkehrsnetzes geht in Deutschland nachweislich einher mit der industriellen Revolution; er bildete dabei den primären Wirtschaftssektor.⁸⁵ Den Wachstumskern bilden bei diesem Vorgang die Sektoren Eisen-, Stahl- und Maschinenbauindustrie, Kohlebergbau sowie Eisenbahnen selbst. Die Zentren der Schwerindustrie lagen dabei in Oberschlesien, Sachsen, im Rhein-Ruhr- wie auch im Saargebiet. Dabei eröffnet der Eisenbahnsektor den Weg zu gesamtwirtschaftlichem Wachstum.⁸⁶ Wesentliche Kopplungseffekte wurden auf die unterschiedlichen Sektoren ausgeübt. Die Entwicklung konnte sich dann in den fünfziger Jahren des 19. Jahrhunderts in einem verstärkten Wachstumsprozess manifestieren. Natürlich wurde die Wirtschaftsstruktur nachdrücklich beeinflusst. Die erhöhte Nachfrage nach Erzeugnissen der Eisen-, Stahl- und Maschinenbauindustrie führte schließlich zu einer notwendigen Ausweitung und einer Qualitätssteigerung des Angebots dieser Industrien. Weiterhin förderte der Bau von Eisenbahnen die Entwicklung von Klein- zu Großbetrieben. Als Beispiel ist die am süddeutschen Verkehrsknoten gelegene Stadt Nürnberg anzusehen. Die Grundverzeichnisse der Stadt weisen in den Jahren 1834 bis 1852 162 Handwerksbetriebe auf, die sich zu Fabrikbetrieben entwickeln konnten.⁸⁷ Der gesteigerte Wettbewerbsdruck veranlasste wiederum Effizienzsteigerungen. Darin sind die ersten Ansätze des Übergangs von extensivem zu intensivem Wachstum zu beobachten.

Der Verkehrsinfrastrukturausbau erforderte damit eine Neuorganisation des gesamten Kapital- und Arbeitsmarktes. Letztlich ist von einer wechselseitigen Beeinflussung zwischen Eisenbahnbau und Industrialisierung zu sprechen.⁸⁸ Diese Beobachtung lässt sich mit Sicherheit durch das Urteil verschiedener Autoren bekräftigen. So wies Walter Linden schon früh darauf hin, dass es bei der Betrachtung der industriellen Revolution der letzten 120 Jahre speziell in Deutschland unmöglich sei, die Rolle der Eisenbahn bei dieser Entwicklung nach Ursache und Wirkung zu trennen. Die gegenseitige Stimulierung der Wirtschaft und des Eisenbahnbaus

⁸¹ Vgl. Gömmel (1986), S. 16 f.

⁸² Fremdling (1985), S. 81.

⁸³ Vgl. Holtfrerich (1973), S. 156 ff.

⁸⁴ Vgl. Wehler (1989), S. 628.

⁸⁵ Vgl. Fremdling (1985), S. 83 f., 164 f.

⁸⁶ Vgl. Holtfrerich (1973), S. 165 ff.

⁸⁷ Vgl. Seiler (1950), S. 39 f.

⁸⁸ Vgl. Wagenblaß (1973), S. 275 ff.

sowie die Aufnahme des Eisenbahnbetriebes selbst sind in ihrer Kausalität rückblickend nicht mehr auseinanderzulegen.⁸⁹

2.5 Einkommens- und Wohlstandsentwicklung

Es ist festzuhalten, dass eine Reihe von Faktoren die allgemeine Entwicklung der sozialen Mobilität seit der industriellen Revolution prägend beeinflusst hat. Zu nennen sind als erstes die Wandlungen der Berufsstruktur. Sie zeigen sich konkret in der Abnahme der selbständigen Handwerker, der Kleinhändler und der Landwirte. Im Gegensatz dazu expandierte die Zahl der Angestellten, Beamten und akademischen Berufe. Hinzu kamen die Struktur und der Wandel sozialer Schichtung, der Übergang zum formalisierten Wettbewerb und die Interventionen des Staates. Die räumliche Mobilität gilt als eine der Ursachen dieser Entwicklung.⁹⁰

In diesem Zusammenhang stieg aber auch die Art der wirtschaftlich abhängigen Menschen. Zunächst zeigten Unternehmer kaum Verständnis oder Entgegenkommen, wenn es um Fragen der Arbeitszeit und Entlohnung der Arbeiter ging. Während für das Jahr 1825 eine Wochenarbeitszeit von 82 Stunden konstatiert wird, beträgt sie dagegen 1914 noch 57 Stunden.⁹¹ Erst mit den Revolutionsjahren 1848/49 und dem Kommunistischen Manifest von Karl Marx mit seiner Aufforderung „Proletarier aller Länder vereinigt Euch!“ wird diese soziale Schieflage deutlicher ins Bewusstsein gehoben. Geschichte und Literatur⁹² zeigen, wie umstritten das Thema Wohlstandsentwicklung ist. Um die verschiedenen Argumente – auch rein ideologischer Positionierungen – zu entkräften, beobachtet Gömmel die langfristige Entwicklung der jährlichen Nominaleinkommen, Lebenshaltungskosten und der Realeinkommen.⁹³

Der gesamte Untersuchungszeitraum von 1810 bis 1913 wird dabei grundlegend in drei Zeitabschnitte unterteilt. Von 1810 bis 1849 fällt eine nahezu konstante Lohnentwicklung auf. Die jährliche Wachstumsrate der Nominaleinkommen beträgt für diesen Zeitabschnitt nur 0,29 %. Es ist darauf hinzuweisen, dass bis 1830 etwa 50 % der gewerblich Beschäftigten im Handwerk, 43 % im Verlag und 7 % in der Manufaktur tätig waren.⁹⁴ Für den Zeitraum von 1850 bis 1870 lässt sich eine jährliche Wachstumsrate von 2,1 % nachweisen. Zur Einkommensberechnung für den Zeitabschnitt von 1871 bis 1913 ermittelt Gömmel jährliche Steigerungsraten von 1,98 %. Damit weist der Index des Nominaleinkommens zwischen 1810 und 1913 ein durchschnittliches Wachstum von 1,35 % pro Jahr auf. Die Einkommensentwicklung scheint sich parallel zu den Einkommen von Handwerkern und Arbeitern entwickelt zu haben. Henning beschreibt, dass das Pro-Kopf-Kapital wie auch der Außenhandel⁹⁵ bis 1850 beinahe konstant blieben, nach 1850 jedoch ein starkes Wachstum verzeichneten.⁹⁶ Verschiedenste Industriezweige lieferten dazu entsprechende Wachstumsimpulse. Als Beispiel dient hierzu insbesondere die deutsche Roheisenproduktion. Dieser Sektor stellte wegen des Ausbaus der Verkehrsinfrastruktur ab Mitte des 19. Jahrhunderts eine der führenden Wachstumsbranchen dar.

⁸⁹ Vgl. Linden (1950); Linden (1956), S. 15.

⁹⁰ Vgl. Kaelble (1983), S. 20 ff.

⁹¹ Vgl. Hoffmann, Grumbach, Hesse (1965).

⁹² Vgl. Hobsbawm (1967), S. 74–101.

⁹³ Die Ausführungen zur Einkommens- und Wohlstandsentwicklung beziehen sich auf Gömmel (1979).

⁹⁴ Vgl. Henning (1995), S. 73 ff.

⁹⁵ Vgl. Borries (1970); Bondi (1958).

⁹⁶ Vgl. Henning (1995), S. 25, 172 f.

Der Lebenshaltungsindex weist dagegen stärkere kurzfristige Schwankungen auf, da vorwiegend agrarische Produkte den Warenkorb für die damalige Lebenshaltung kennzeichneten. Die durchschnittliche jährliche Wachstumsrate des berechneten Index beträgt 1,37 %. Bezogen auf den gesamten Zeitabschnitt steigt der Index um 122 %.⁹⁷ Einen beträchtlichen Einfluss auf die Lebenshaltungskosten haben die Kosten des Massengütertransports. Transportkosten sind wichtige Bestimmungsfaktoren räumlicher Integration. Die ökonomische Bedeutung der Eisenbahnen wird bei genauerer Betrachtung der Großhandelspreise in Deutschland verglichen mit Großbritannien deutlich.⁹⁸ Danach ergeben sich starke Preisschwankungen bis in die Mitte der 1850er Jahre. Mit zunehmender Ausbreitung des Schienennetzes kommt es jedoch zu starken interregionalen Preisausgleichstendenzen, die sich letztlich in den Lebenshaltungskosten niederschlagen.⁹⁹ Gleichzeitig nähern sich die Großhandelspreise verschiedener Länder zum Ende der 1890er Jahre einander an. Ähnliche Preisverläufe ergeben sich bei den Getreidepreisen.¹⁰⁰ Im Hinblick auf regionale Preisdifferenzen wird die Bedeutung des Verkehrssektors deutlich. In Regionen mit einem kleineren Verkehrsnetz sind die Transportkosten wesentlich höher. Starke Differenzen ergeben sich bis in die 1850er Jahre. Mit zunehmender Ausbreitung des Verkehrsnetzes sanken jedoch die Transportkosten und glichen sich einander an. Dies schlägt sich wiederum in den Preisen bzw. Kosten nieder.

Die Entwicklung des Wohlstands zeigt auf, dass sich in der deutschen Volkswirtschaft ab 1850 ein regelrechter Umwandlungsprozess vollzogen hat. Bis 1850 blieben die Realeinkommen auf niedrigem Wohlstandsniveau weitestgehend konstant. Von 1850 bis 1870 errechnet sich eine positive Rate von 0,5 %. Von 1871 bis 1913 entwickeln sich die Realeinkommen mit einem jährlichen Wachstum von 1,1 %. Der gesamte Verlauf kennzeichnet die volkswirtschaftliche Entwicklung vom anfänglichen Agrarstaat um 1810, zum frühen Kapitalismus ab 1850, weiter zum Hochkapitalismus ab den 1870ern.¹⁰¹ Die kurzzeitig stark sinkenden Realeinkommen bis etwa 1850 ergeben sich dadurch, dass die Agrarwirtschaft trotz technologischer Entwicklung noch nicht der wachsenden Bevölkerung gerecht werden konnte.¹⁰² Es ist festzustellen, dass der entscheidende Durchbruch zur Industrialisierung um 1850 gelang. Größte wirtschaftliche Impulsgeber für die Wohlstandsentwicklung waren das Banken- und insbesondere das sich ausbreitende Transportsystem der Eisenbahn.¹⁰³ Auch wurden durch das gleichmäßig erschlossene Schienennetz internationale, nationale wie auch interregionale Preis- bzw. Wohlstandsgefälle verringert oder aufgehoben.¹⁰⁴ Durch den starken Ausbau des Schienennetzes werden die Transportkosten gesenkt, die neben einem regionalen Preisausgleich auch (mitunter wegen ihres Vorleistungscharakters) eine Preissenkung der abgesetzten Produkte zur Folge haben.¹⁰⁵ Der Schienentransport weitete die Aktionsradien im Vergleich zur Straße aus. Der preußische Statistiker Ernst Engel beschrieb, dass sich durch die Transportkosten die Preise für Roggen beim Chausseetransport nach bis zu 80 Meilen verdoppelten; die Eisenbahnen erlaubten dagegen die Versendung auf die vierfache Entfernung zu identischen

⁹⁷ Vgl. Gömmel (1979).

⁹⁸ Vgl. Jacobs, Richter (1935), S. 34, 82 f.

⁹⁹ Vgl. Szabad (1961), S. 220 ff.

¹⁰⁰ Vgl. Statistisches Reichsamt (1935), S. 291.

¹⁰¹ Vgl. Spiethoff (1955), S. 87.

¹⁰² Vgl. Saalfeld (1974), S. 423 f.

¹⁰³ Vgl. Henderson (1975), S. 109 f., 123 f.

¹⁰⁴ Vgl. Statistisches Reichsamt (1935), S. 298 f.

¹⁰⁵ Vgl. Gömmel (1986), S. 18.

Frachtkosten.¹⁰⁶ Die wesentlichen ökonomischen Wirkungen des Verkehrssystems sind damit in den verstärkt auftretenden Handels-, Standort- und Beschäftigungseffekten zu sehen. Der Eisenbahnbau hat also zu mehr Investitionen sowohl im privaten als auch im öffentlichen Sektor veranlasst. Dies führte wiederum zu räumlichem Wachstum. Die Politik tat ihr übriges. Ab Mitte des 19. Jahrhunderts wurde die administrative Lohnpolitik weitestgehend aufgehoben.¹⁰⁷

2.6 Urbanisierung und Städtewachstum

Matzerath strukturiert Preußens Urbanisierungsprozess in die drei Zeiträume der Vorbereitungsphase von 1815 bis 1840, der Einsatzphase von 1841 bis 1870 und der Vollendung von 1871 bis zum Ersten Weltkrieg.¹⁰⁸ Die Untersuchungsergebnisse sind zwar insofern zu relativieren, dass die zeitlichen Grenzen weiter zu fassen sind.¹⁰⁹ Dennoch lassen sich seine Feststellungen auf den städtischen Entwicklungsverlauf im gesamtdeutschen Raum übertragen. Wirtschaftsgeschichtliche Zusammenhänge deuten darauf hin, dass die Urbanisierung ab den 1840er Jahren mit der Ausbreitung der Verkehrsnetze einsetzte. Substanzielle Veränderungen in Form von räumlichen Differenzierungen greifen jedoch erst ab den 1870ern. Als Ursachen hierfür können insbesondere die zentrifugal wirkenden Bodenpreise gelten. Durch wirtschaftliche Strukturveränderungen und die einsetzende Agglomerations- und Netzbildung konnten sich Städte dann zu Dienstleistungszentren und regionalen Arbeitsmärkten entwickeln. Köllmann zeigt in diesem Zusammenhang auf, dass im Zeitraum von 1871 bis 1910 der Anteil der Einwohner an der Reichsbevölkerung in Städten über 100.000 Einwohnern von 4,8 % auf 21,3 % zunahm. Dagegen sank der Anteil in den Gemeinden unter 2.000 Einwohnern von 63,9 % auf 39,9 %.¹¹⁰

Neben den steigenden Bevölkerungszahlen führt die städtische Attraktivität aber auch zu flächenmäßigen Ausdehnungen. Die Fluchtliniengesetze von Baden (1868) und Preußen (1875) dienen mithin als wichtige Grundlagen der heutigen Bundesbaugesetzgebung. Stadterweiterungen richteten sich nach bedeutenden Zubringerwegen wie den Ausfallstraßen und Eisenbahnlinien. Zu bemerken ist dabei, dass die Fluchtlinienpläne zunächst nur Teile des bereits bestehenden Verkehrsinfrastrukturnetzes nachzeichneten. Die Politik nahm damit durch die Ausgestaltung der Verkehrsinfrastrukturnetze sowohl auf Urbanisierungs- wie auch auf Suburbanisierungsprozesse Einfluss. Gleichzeitig wird deutlich, dass Stadtplaner in keiner Weise versucht haben, auf die langfristige wirtschaftliche Entwicklung Einfluss zu nehmen. Zwar forderte schon Baumeister im Jahre 1876, dass die partielle Sichtweise zu eingeschränkt sei und daher langfristige Überlegungen anzustellen seien, um eine effiziente Stadtplanung zu gewährleisten.¹¹¹ Gesamtkonzepte wie etwa Generalbebauungs- oder Flächennutzungspläne, die auch ein Zukunftsbild der langfristigen Stadtentwicklung entwerfen, konnten in der Praxis jedoch nicht umgesetzt werden.

¹⁰⁶ Vgl. Walter (1989), S. 382 f. Zur Funktion des Absatzgebietes in Abhängigkeit des Produktpreises und der Transportkosten (Launhardt'sche Trichter), siehe auch Schneider (1961), S. 78 f., 85 f.

¹⁰⁷ Vgl. Gömmel (1978), S. 198.

¹⁰⁸ Vgl. Matzerath (1980).

¹⁰⁹ In diesem Zusammenhang ist auf Reulecke zu verweisen, der für die Hochphase der Urbanisierung die Epochen-grenze von 1875 bis 1914 unterstellt, vgl. Reulecke (1985), S. 9 ff.

¹¹⁰ Vgl. Köllmann (1974), S. 127; Laux (1983), S. 65–93.

¹¹¹ Vgl. Baumeister (1876).

Abbildung 1 zeigt mit dem weitestgehend gleichwertig und zugleich engmaschig ausgebreiteten Schienennetz von 1890 die für Deutschland typische Struktur der Verkehrsnetze auf. Es wird deutlich, wie sich durch einzelne Verkehrsanbindungen, auch beeinflusst durch die verkehrsgeographischen Eisenbahnschwerpunkte, gleichwertige regionale Großstädte gebildet haben (polyzentrische Entwicklung). Diese Entwicklung zeichnete den Weg zum Wohlfahrtsstaat vor und legte gleichzeitig einen der Grundbausteine heutiger Verkehrs- und Regionalpolitik. Der verfassungsrechtliche Grundsatz von der Angleichung der Lebensverhältnisse stellt in Deutschland noch heute eine wichtige Zielsetzung dar. Hierin besteht ein entscheidender Unterschied zu anderen Ländern wie beispielsweise Frankreich. Bis zum Zweiten Weltkrieg standen bei der regionalen Entwicklung Paris und der Pariser Raum (Ile-de-France) im Vordergrund. Erst danach wurde eine Infrastrukturpolitik der Dezentralisierung wie auch der Entlastung des Zentrums verfolgt.¹¹²

Abbildung 1
Schienennetz von Deutschland aus dem Jahr 1890



Quelle: DB Museum Nürnberg, Geogr. lith. Inst. u. Steindr. v. W. Greve, Kgl. Hoflith., 13. 1890/1.

¹¹² Vgl. Aubert, Stephan (2000).

2.7 Bewertung der wirtschaftsgeschichtlichen Zusammenhänge

Die wirtschaftsgeschichtlichen Zusammenhänge zeigen auf, dass von der Schieneninfrastruktur in wenigen Jahrzehnten eine erhebliche ökonomische, politische wie auch siedlungs- und raumwirtschaftliche Wirkung ausging. Dabei war insbesondere zur Anfangszeit die Herausforderung darin zu sehen, das neue Verkehrsmittel in die Gesellschafts- und Wirtschaftsstruktur einzugliedern. Die revolutionäre Wirkung wurde jedoch keineswegs antizipiert. Hoffmann¹¹³ bringt zu dieser These einige Belege vor. So war insbesondere zur Anfangszeit schon die zuverlässige Beurteilung der Anlagekosten schwierig. Sowohl der Verkehrsumfang als auch der technische Fortschritt waren allenfalls nur kurzfristig abzuschätzen. Auch standen den Vorschlägen einer gesamtdeutschen Streckennetzplanung erhebliche politische Schwierigkeiten entgegen. In diesem Punkt ist ein wichtiger Unterschied zu den Vereinigten Staaten zu sehen, die nur wenigen politischen Behinderungen ausgesetzt waren. Damit kennzeichnet sich – im Gegensatz zu Deutschland – die dortige wirtschaftliche Entwicklung gleichlaufend mit der Ausbreitung des Schieneninfrastruktursystems. Dennoch, in der Ausbreitung der Schieneninfrastruktur ist eine Revolution zu sehen, in der die Kausalzusammenhänge zwischen dem Verkehrssystem und der gesellschaftlichen, politischen und wirtschaftlichen Entwicklung zum Tragen kommen. Dies zeigt sich nicht nur im zahlenmäßigen Wachsen der Bevölkerung und der zunehmenden Verstädterung, sondern vor allem in ihrer sich rasch ändernden gesellschaftlichen Struktur und ihrem Erwerbsleben. Während zu Beginn des 19. Jahrhunderts noch rund 80 % der Bevölkerung in Deutschland von Land- und Forstwirtschaft lebten, waren es 1849 64 % und 1907 nur mehr 28,6 %.¹¹⁴ Parallel dazu zeichnete sich der Verstädterungsprozess ab. Die Bevölkerungszahl in Großstädten mit über 100.000 Einwohnern nahm alleine im Zeitraum von 1870 bis 1910 um das Siebenfache zu.¹¹⁵ Damit wurden Eisenbahnen für eine sich im Aufbruch befindliche Agrargesellschaft gebaut, um deren Bedürfnissen gerecht zu werden.¹¹⁶ Nach Stumpf nahm alleine zwischen 1870 und 1913 die Inanspruchnahme des Personenverkehrs um etwa das zehnfache, die Nutzung des Güterverkehrs um etwa das fünffache zu.¹¹⁷ Die Wechselwirkung zwischen der Ausweitung des Verkehrsinfrastrukturnetzes, den daraus resultierenden regionalen wie auch interregionalen Verkehrsverbindungen und der wirtschaftlichen Entwicklung wird damit deutlich. Weiterhin ist aber auch nachzuvollziehen, inwieweit sich aus der bisherigen Analyse die für einen Instrumentvariablenansatz notwendigen Kriterien der Relevanz und Exogenität begründen lassen.

2.7.1 Schienennetzplan von 1890 und Relevanz für das heutige Verkehrsnetz

Es ist festzuhalten, dass das historische Bahnnetz von 1890 die Gebiete als Regionen definiert, in denen es weniger kostenintensiv ist, neue Bahntrassen zu ziehen oder Straßen zu bauen. Damit hat das historische Schienennetz einen nicht unerheblichen Einfluss auf den Bestand und den weiteren Ausbau des heutigen Verkehrsnetzes. Für die Zusammenhänge

¹¹³ Vgl. Hoffmann (1961), S. 111, 131 f.

¹¹⁴ Vgl. Gerlach (1960), S. 312; Henning (1978).

¹¹⁵ Vgl. Reulecke (1985), S. 9; Köllmann (1974), S. 127.

¹¹⁶ Duranton und Turner zeigen eine ähnliche Entwicklung für die USA auf, vgl. Duranton, Turner (2011).

¹¹⁷ Vgl. Stumpf (1960), S. 49.

zwischen der verkehrsgeographischen Ausgestaltung und der für Deutschland typischen polyzentrischen Entwicklung kann auf den Abschnitt 2.6 verwiesen werden. Aus den Zusammenhängen lässt sich also schlussfolgern, dass die Bedingung der Relevanz gegeben ist.

2.7.2 Schienennetzplan von 1890 und Exogenität

Die Wirtschaftsgeschichte weist dazu mehrere Aspekte auf, die für die Exogenität des historischen Plans sprechen. Obwohl Deutschland bis 1870 nur aus einem lockeren Staatenbund von 39 Staaten bestand und ein einheitlicher Ausbauplan für ein gemeinschaftliches Bahntrassennetz – wie von Friedrich List vorgeschlagen – wegen manch eigenwilliger Entscheidungen einzelner Staaten und ihrer Feudalherren nicht vermittelt werden konnte, zielten die Anfänge des Bahnnetzes letztlich doch darauf ab, die Strecken der ersten Metropolengebiete möglichst geradlinig miteinander zu verbinden. Der Gedanke daran, den innerdeutschen Handel voranzubringen, nahm langsam Fahrt auf, auch wenn Bevölkerungswachstum, Wohlstandserhöhungen, steigende Realeinkommen oder moderne Großstädte bei den Überlegungen keine Rolle spielten oder in irgendeiner Weise antizipiert wurden.¹¹⁸ Diese Behauptung ist mit folgenden zwei Beobachtungen zu begründen. Verglichen mit den Vorschlägen von List wurde dessen Plan teils abgeändert und erheblich ausgeweitet. Das um 1890 aufgezeichnete Schienennetz – 20 Jahre nach der Gründung des Bismarckreiches – wurde dann nach Osten hin mit etwa 15.000 km erheblich ergänzt. Einige dieser Strecken entstanden nun sicherlich mit der Überlegung, dem Wirtschaftswachstum gerecht zu werden. Eine explizite Absicht, einen modernen Pendlerverkehr mit günstigen Transportkosten künftig zu ermöglichen, kann allein schon wegen der politischen Schwierigkeiten nicht angenommen werden. Ausgangspunkt des Planes ist vielmehr die gleichzeitige ökonomische Aktivität. Es lässt sich dennoch nachweisen, dass Städte und Regionen mit einem ausgeprägten Schienennetz um 1890 auch heute ein stark ausgebautes Verkehrsnetz aufweisen.¹¹⁹ Umgekehrt verhält es sich mit wirtschaftsschwachen Gebieten.¹²⁰ Auch ist darauf hinzuweisen, dass Regionen mit einem stark ausgeprägten Verkehrsnetz tendenziell wirtschaftsstärker sind. Zudem ist auf ein Argument von Duranton zu verweisen: Der anfängliche Bauboom, vorwiegend initiiert durch private Firmen, zielt darauf ab, kurz- und mittelfristig Gewinne abzuschöpfen. Es ist schwer vorstellbar, dass ein Bahnnetz gebaut wurde, um 150 Jahre später große Gewinne zu erzielen. Hinsichtlich der klassischen Anforderungen des US-Bahnbooms verweist Duranton explizit auf die Literatur von Fogel und Fishlow.¹²¹ Auch dies ist ein Indikator für die möglichst wegsparame Netzgestaltung. Wenn wirtschaftliche Entwicklungsphasen zudem noch in irrationales Kriegsgeschehen hineingezogen werden, wie beispielsweise in den Kriegen von 1864 (deutsch-dänischer Krieg), 1866 (preußisch-österreichischer Krieg) und 1870/71 (deutsch-französischer Krieg), verlieren Planungen und Prognosen im wirtschaftlichen Kontext immer mehr an Glaubwürdigkeit. Zudem wurde der Ausbau der Schienenwege in der Weise konzipiert, dass sie jederzeit militärisch zu nutzen waren. Als Beispiel kann auch die um Berlin gebaute Ringbahn dienen. Der Ostring wurde 1872, der Westring im Jahre 1877 fertiggestellt. Der Bau der Güterbahn galt dabei zunächst militärischen Interessen.

¹¹⁸ Auch spricht der langsame Wandel der Erwerbsstruktur für die Exogenität des Instruments (Abschnitt 2.5).

¹¹⁹ Vgl. Radicke (1983), S. 345 ff.

¹²⁰ Vgl. Lehner (1966).

¹²¹ Vgl. Duranton, Turner (2007); Fogel (1964); Fishlow (1965).

3 Infrastruktur und wirtschaftliche Entwicklung: Theoretische Hintergründe

In diesem Kapitel soll zunächst auf Basis theoretischer Ansätze die Rolle der Verkehrsinfrastruktur für die raumwirtschaftliche und raumstrukturelle Effizienz näher analysiert werden. Dazu sind Theorien aufzugreifen, die die Allokation der Wirtschaft abbilden können. Zielsetzung dabei ist einerseits, die ökonomische Wirkung des Verkehrssystems auf regionaler Ebene nachzuvollziehen, und andererseits, für die empirische Analyse geeignete Hypothesen abzuleiten.

Vorab ist nachzuweisen, welche Relevanz die Verkehrsinfrastruktur gemäß der neoklassischen und der endogenen Wachstumstheorie für das Wirtschaftswachstum hat. Um zusätzlich die raumstrukturelle Entwicklung mit einbeziehen zu können, werden die Zusammenhänge mit regional- und stadtökonomischen Ansätzen nachvollzogen. Dazu werden die Ausgangsmodelle der klassischen Handelstheorie nach Ricardo wie auch Heckscher und Ohlin und deren Bedeutung für die Verkehrsinfrastrukturtheorie aufgezeigt. Zusätzlich ist zu berücksichtigen, welche Bedeutung die (Faktor-)Mobilität für die ökonomische Entwicklung hat. Unter Verweis auf die Neue Ökonomische Geographie soll dabei die Wirkung von Transportkosten auf die Verteilung ökonomischer Aktivität im Raum untersucht werden. In Anlehnung an das Konzept von Krugman und Henderson wird ein von Duranton entwickeltes stadttheoretisches Modell zugrunde gelegt. Daraus ist abzuleiten, inwieweit der Verkehrssektor Einfluss auf das Raumsystem, die raumwirtschaftliche Entwicklung und den regionalen Wohlstand nehmen kann. Explizit werden dabei die regionalen Wirkungen des Transports in Bezug auf den Handel, den Standort und die Produktivität ausgearbeitet. Dazu ist wiederum der Konnex zwischen dem Transportsystem und der effizienten Stadtentwicklung zu beobachten.

3.1 Wachstumstheoretische Ansätze¹²²

Wirtschaftswachstum kann allgemein als Zunahme der volkswirtschaftlichen Leistungsfähigkeit verstanden werden. Das extensive Wachstum beschreibt dabei die Zunahme der gesamten Gütermenge, das intensive Wachstum die Zunahme der Gütermenge pro Kopf. Die wachstumstheoretischen Ansätze unterlagen in den letzten Jahrzehnten einem kontinuierlichen Entwicklungsprozess. Wenn diese auch wegen der verschiedenen Spezialisierungen von sehr unterschiedlichem Interesse geprägt sind, muss dennoch nachvollzogen werden, inwiefern Verkehrsinfrastruktur in den Theoriegebäuden der neoklassischen und endogenen Wachstumstheorie Berücksichtigung findet. Im Blickpunkt steht dabei jeweils die Determinante des technologischen Fortschritts. Gemäß der Infrastrukturforschung müssen Verkehrsinfrastrukturmaßnahmen entweder direkt oder indirekt auf das Wirtschaftswachstum wirken. Direkte Effekte ergeben sich daraus, dass der Transportsektor als zusätzlicher Faktor in die Produktionsfunktion eingeht. Auch indirekt kann die Verkehrsinfrastruktur auf die Produktivität der Faktoren wirken, da sie Effekte beispielsweise auf die Bildung und Diffusion von Wissen generiert. Der Verkehrssektor unterstützt dabei solche Spillover-Effekte. Dadurch profitieren die Nutzer wie auch Nichtnutzer des Verkehrssystems.¹²³

¹²² Die folgenden Ausführungen erfolgen in Anlehnung an Jones (1995, 2002), Ickes (1996) und Rehme (2007).

¹²³ Vgl. Bröcker (1996), S. 12–18; McKinnon (1996), S. 19–26.

3.1.1 Neoklassische Wachstumstheorie

Die neoklassische Wachstumstheorie basiert insbesondere auf den Beiträgen von Solow und Swan¹²⁴, deren theoretische Ansätze jedoch in vielfacher Hinsicht erweitert wurden.¹²⁵ Für die Modellierung des Modells wird insofern Markteffizienz angenommen, als dass die Preise flexibel und die Produktionskapazitäten voll ausgelastet sind. Gemäß der neoklassischen Theorie müsste Wachstum – ausgehend von dem verkehrlichen Infrastrukturkapital – entweder durch Kapitalakkumulation oder den exogen technischen Fortschritt induziert werden. Das Güterangebot wie auch die implizite Behandlung der Güternachfrage stellen dabei die elementaren Aspekte dar. Das Güterangebot basiert zunächst auf folgender Produktionsfunktion,

$$Y = F(K, L). \quad (3.1)$$

Das gesamtwirtschaftliche Produktionsniveau Y hängt damit vom Kapital K wie auch vom Arbeitspotenzial L ab. Der Inputfaktor Kapital stellt den gesamten volkswirtschaftlichen Vermögensbestand dar. Der Faktor Arbeit L nicht akkumulierbar. Beide Potenzialfaktoren weisen abnehmende, aber positive Grenzerträge auf.

Solow legt in seinem theoretischen Ansatz der Produktionsfunktion weiterhin konstante Skalenerträge zugrunde. Diese und die oben genannten Eigenschaften sind durch eine Produktionsfunktion vom Cobb-Douglas-Typ gewährleistet,

$$Y_t = K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}, \text{ wobei } 0 \leq \alpha \leq 1. \quad (3.2)$$

Der funktionale Zusammenhang steht dabei in Abhängigkeit der Zeit t . Die funktionale Beziehung betont das Zusammenspiel der Produktionsfaktoren, bei Fehlen eines Inputfaktors geht die Produktion gegen Null. Wird die Gleichung logarithmiert und nach der Zeit abgeleitet, ergibt sich folgende Wachstumszerlegung,

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \alpha \frac{\dot{K}}{K} + (1 - \alpha) \frac{\dot{L}}{L}. \quad (3.3)$$

Mit der linear homogenen Funktion können die Werte damit relativ zur Höhe des Arbeitsvolumens beschrieben werden. Unter der Annahme von $z > 0$ gilt $zY = F(zK, zL)$. Mit $z = 1/L$ folgt damit $Y/L = F(K/L, 1)$. Demnach ist das Produktionsniveau je Erwerbstätigen auf $y \equiv Y/L$ und das Kapital je Erwerbstätigen (Kapitalintensität) auf $k \equiv K/L$ festzulegen. Die Differenzierung des Wachstums erfolgt, um die Wachstumsbeiträge der Komponenten transparent zu machen. Die entsprechenden Pro-Kopf-Größen sind zu logarithmieren und nach der Zeit abzuleiten, womit sich folgende Wachstumsraten ergeben,

$$\dot{y}/y = \dot{Y}/Y - \dot{L}/L, \quad (3.4)$$

$$\dot{k}/k = \dot{K}/K - \dot{L}/L. \quad (3.5)$$

¹²⁴ Vgl. Solow (1956); Swan (1956).

¹²⁵ Ein Überblick findet sich bei Frenkel, Hemmer (1999). Siehe zu den räumlichen Implikationen Sala-i-Martin (1996), S. 1325–1352.

Die Produktionsfunktion (3.1) wird typischerweise noch um einen Faktor A erweitert, der die Technologie beschreibt,¹²⁶

$$Y = F(K, L, A). \quad (3.6)$$

Um den Effekt der Verkehrsinfrastruktur zu modellieren, ließe sich zum einen die Größe A ansetzen. Diese könnte als Verkehrstechnologie interpretiert werden, auf das beim Aufbau und Nutzung der Verkehrssysteme zurückgegriffen werden könnte. Zum anderen ist die Infrastrukturausstattung selbst im (öffentlichen) Kapitalstock enthalten. Der gesamte volkswirtschaftliche Kapitalstock setzt sich aus der Summe des öffentlichen und privaten Kapitals zusammen. Die Cobb-Douglas-Spezifikation mit arbeitsvermehrendem technischem Fortschritt lautet

$$Y_t = K_t^\alpha (L_t A_t)^{1-\alpha}, \text{ wobei } 0 \leq \alpha \leq 1. \quad (3.7)$$

Das Produkt aus Arbeit und Technologie ($L_t A_t$) bezeichnet den mit Technologie gekoppelten Arbeitseinsatz (effektive Arbeit). Auch beim Potenzialfaktor Technologie ist ein abnehmendes Grenzprodukt impliziert. Die Gleichung wird wieder logarithmiert und nach der Zeit abgeleitet. Die Wachstumszerlegung lässt sich demnach folgendermaßen beschreiben,

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \alpha \frac{\dot{K}}{K} + (1-\alpha) \frac{\dot{L}}{L} + (1-\alpha) \frac{\dot{A}}{A}. \quad (3.8)$$

Das Wachstum des Sozialprodukts setzt sich damit aus den Wachstumsraten der Inputs Kapital, Arbeit und Technologie zusammen (extensives Wachstum).¹²⁷ Wiederum lässt die Produktionsfunktion mit konstanten Skalenerträgen eine Darstellung der Werte relativ zur Höhe des effizienten Arbeitseinsatzes zu. Mit $z = 1/LA$ folgt damit $Y/LA = F(K/LA, 1)$.

Der Output pro Arbeitseinheit lässt sich in Effizienzeinheiten als $\hat{y} \equiv Y/LA$ und analog für das Kapital pro Arbeit in Effizienzeinheiten durch $\hat{k} \equiv K/LA$ beschreiben. Der Output je Beschäftigten wie auch das Kapital je Erwerbstätigen werden wieder logarithmiert und nach der Zeit abgeleitet. Die Wachstumsraten unter Berücksichtigung der Technologie betragen damit

$$\hat{\hat{y}}/\hat{y} = \dot{Y}/Y - \dot{L}/L - \dot{A}/A, \quad (3.9)$$

$$\hat{\hat{k}}/\hat{k} = \dot{K}/K - \dot{L}/L - \dot{A}/A. \quad (3.10)$$

Demnach ergibt sich die Wachstumsrate der gesamtwirtschaftlichen Produktion aus der Summe der Wachstumsraten von Kapital, Arbeit und Technologie. Die neoklassische Wachstumstheorie wird insbesondere mit der Theorie der Kapitalakkumulation in Verbindung gebracht. Die Entwicklung der Arbeit und der technologische Fortschritt werden hingegen als exogen betrachtet. Weiterhin wird Vollbeschäftigung am Arbeitsmarkt unterstellt. Damit entsprechen sich die Wachstumsraten der (Erwerbs-)Bevölkerung und der Beschäftigung. Wie oben gezeigt, wird dann das Wachstum des Kapitalstocks vom Wachstum des Arbeitseinsatzes beeinflusst.

¹²⁶ Unter dem Input Technologie sind zum einen Qualitätsverbesserungen (Leistungsfähigkeit, Nutzungsdauer), zum anderen aber auch das Wissen (Aneignung in Form von Lernprozessen) zu verstehen.

¹²⁷ Vgl. Krelle, Gabisch (1972).

Mit Hilfe der Wachstumsraten aus (3.9) und (3.10) ist die Cobb-Douglas-Spezifikation aus (3.8) in das folgende intensive Wachstum umzuformen,

$$\hat{y}/\hat{y} = \alpha (\hat{k}/\hat{k}). \quad (3.11)$$

Auf dem Gleichgewichtswachstumspfad stimmen damit die Wachstumsraten von Sozialprodukt und Kapital überein. Die oben stehende Gleichung ist demnach erfüllt, wenn die Wachstumsraten des Outputs und des Kapitals Null betragen. Dies bedeutet in unserer Interpretation, dass die Verkehrsinfrastruktur – gebunden im Kapitalstock – nicht auf die Wachstumsrate des Pro-Kopf-Produkts wirkt. Somit bleiben die Wertschöpfung und der Kapitalstock *per capita* konstant. Die Produktionsfunktion in der Intensivform sieht damit folgendermaßen aus,

$$\hat{y} = \hat{k}^\alpha. \quad (3.12)$$

Dieser Zusammenhang ist ökonomisch durch die Konsum- und Investitionsentscheidungen zu erklären. Das Pro-Kopf-Produkt \hat{y} setzt sich aus der Summe der beiden Komponenten Pro-Kopf-Konsum c und Pro-Kopf-Investitionen i zusammen, $\hat{y} = c + i$. Weiterhin wird angenommen, dass das Individuum einen Teil s des Einkommens spart, den anderen Teil $1 - s$ hingegen konsumieren wird, $c = (1 - s)\hat{y}$. Durch Einsetzen der Konsumfunktion in die Pro-Kopf-Produktionsfunktion ergibt sich der Zusammenhang $i = s\hat{y}$. Die Ersparnisse stehen damit in direkter Beziehung zu den Investitionen. Die Investitionsentscheidung hängt (stark vereinfacht) von der Höhe des Zinses und den konstanten Abschreibungen (δ) ab. Erweist sich eine Investition im Verkehrsinfrastrukturbereich als profitabel, wird investiert. Dies hat wiederum ein Wachstum des Kapitalstocks zur Folge. Bei einer niedrigeren Verzinsung reduziert sich der Kapitalstock, da die Investitionen geringer als die Abschreibungen sind.

Fraglich ist, wo die Gewinnngrenze zu sehen ist, d.h. ab welchem Punkt der Staat in den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur investieren sollte (*break-even point*). Der gleichgewichtige Realzins errechnet sich durch das Grenzprodukt des Kapitals aus der oben genannten Cobb-Douglas-Spezifikation,

$$r = \frac{\partial Y}{\partial K} = \alpha K_t^{\alpha-1} (L_t A_t)^{1-\alpha} = \alpha \left(\frac{K_t}{L_t A_t} \right)^{\alpha-1} = \alpha (\hat{k}_t)^{\alpha-1}. \quad (3.13)$$

Nimmt man die Produktionselastizität als Proportionalitätsfaktor, so kann der Zusammenhang folgendermaßen interpretiert werden: Der Zins ist im Gleichgewicht proportional zur Wachstumsrate des Kapitals pro Arbeit, dagegen umgekehrt proportional zur Sparquote. Es zeigt sich, dass die Kapitalintensität (\hat{k}_t) abnehmende Grenzerträge aufweist. Dies gilt damit auch für den Verkehrsinfrastruktursektor. Demnach gehen direkte Wachstumseffekte im Laufe der Zeit gegen Null.

Ein größeres Streckennetz führt zu einem höheren Produktionsniveau, da der Kapitalstock infolge des Ausbaus des Streckennetzes wächst. Die Änderung des Kapitalstocks (Nettoinvestitionen) infolge eines Infrastrukturaus- oder -abbaus lässt sich mit folgender Kapitalakkumulationsgleichung zusammenfassen:

$$\dot{\hat{k}} = s\hat{y} - \delta\hat{k}. \quad (3.14)$$

Ist die Kapitalintensität also niedrig, so lässt sich ein höherer Realzins nachweisen. Dies veranlasst zu Investitionen in den Verkehrssektor, wodurch der Kapitalstock aufgebaut und der Zins fallen wird. Umgekehrt verhält es sich, wenn die anfängliche Kapitalintensität hoch ist. Es lässt sich festhalten, dass es nur einen *steady state* gibt.¹²⁸ In dem Gleichgewichtszustand \hat{k}^* gilt, dass der Kapitalstock pro Arbeit nicht mehr wächst, $\dot{\hat{k}}/\hat{k} = 0$. Damit ist die Bedingung aus Gleichung (3.11) durch das Null-Wachstum gegeben,

$$\dot{\hat{y}}/\hat{y} = \alpha (\dot{\hat{k}}/\hat{k}) = 0.$$

Es gilt nunmehr zu beweisen, dass das langfristige Wachstum der jeweiligen Pro-Kopf-Größe vom Wachstum der totalen Faktorproduktivität abhängt, in der sich der technologische Fortschritt wieder findet. Im Gleichgewichtszustand entsprechen sich Investitionsquote und Abschreibungssatz ($i = \delta \hat{k}$). Wie beschrieben, wachsen damit weder das Produktionsniveau noch der Kapitalstock. Aus $\dot{\hat{y}}/\hat{y} = \dot{y}/y - \dot{A}/A$ lässt sich schlussfolgern, dass die Wachstumsrate des Pro-Kopf-Einkommens der Wachstumsrate des technologischen Fortschritts entspricht:

$$\dot{y}/y = \dot{A}/A. \quad (3.15)$$

Es zeigt sich, dass die Verkehrsinfrastruktur mit der Wachstumsrate des technologischen Fortschritts auf die Wachstumsrate des Pro-Kopf-Produkts wirkt und dadurch anhaltendes Wachstum nachgewiesen wird. Der technologische Fortschritt stellt jedoch nur eine exogene Größe dar und wird nicht durch ökonomische Faktoren bestimmt. Somit wird das Wachstum im Modell selbst nicht begründet.¹²⁹

Gemäß der neoklassischen Wachstumstheorie müssen also durch Verkehrsinfrastrukturkapital erzeugte direkte Wachstumseffekte auf lange Sicht verschwinden. Die Kapitalakkumulation weist abnehmende Grenzerträge auf. Langfristiges Wirtschaftswachstum hängt ausschließlich vom Wachstum der totalen Faktorproduktivität, also vom exogen technischen Fortschritt ab. Die Verkehrsinfrastruktur wirkt dabei nicht auf die Wachstumsrate, sondern auf das Niveau des Pro-Kopf-Produkts.

Im Gleichgewichtszustand ist das Wachstum der Kapitalintensität null, $\dot{\hat{k}} = 0$. Mit der Kapitalakkumulationsgleichung (3.14) und der Produktionsfunktion in Intensivform (3.12) ist auf das effektive Pro-Kopf-Einkommen im Gleichgewicht zu schließen,

$$\hat{y}^* = \left(\frac{s}{\delta} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}. \quad (3.16)$$

Nach Multiplikation mit der Technologie definiert sich das tatsächliche Pro-Kopf-Einkommen ($y \equiv Y/L$) im *steady state* durch

$$y^* = A \left(\frac{s}{\delta} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}.$$

In unserer Interpretation kann Verkehr damit auf zweierlei Wegen auf das Niveau des tatsächlichen Pro-Kopf-Einkommens wirken. Zum einen lässt eine effizient ausgestaltete Technologie

¹²⁸ Siehe dazu auch Frenkel, Hemmer (1999), S. 38 ff.

¹²⁹ Vgl. Solow (1994).

auf einen höheren Produktionsoutput schließen. Bei gegebenen Restriktionen der Inputeinsätze von Arbeit und Kapital kann sich damit der gesamtwirtschaftliche Output erhöhen. Zum anderen kann ausgehend von der zur Verfügung stehenden und begrenzt wirkenden Ausstattung an Verkehrsinfrastruktur ein weiterer Ausbau erfolgen, indem weiterhin investiert wird. Das neoklassische Wachstumsmodell kann damit auch auf disaggregierter Untersuchungsebene Anwendung finden. Es liefert einen theoretischen Nachweis, dass ärmere Regionen schneller wachsen können als reichere Regionen. Die Konvergenz im Gleichgewicht kann zwar auch bei Immobilität der Produktionsinputs erfolgen. Die Einkommen nähern sich jedoch einander umso schneller an, je mobiler die Faktoren sind. In diesem Zusammenhang ist anzuführen, dass Länder, die sich in ihren ökonomischen Parametern unterscheiden, nicht zu einem einzigen Gleichgewicht konvergieren (absolute Konvergenz). Vielmehr handelt es sich um eine bedingte Konvergenz. Es ergibt sich also der Gleichgewichtszustand in ihrem eigenen Gleichgewicht.¹³⁰

3.1.2 Endogene Wachstumstheorie

In der neuen Wachstumstheorie wird dagegen verstärkt auf Technologieprozesse wie auch auf die Bedeutung des Wissens bzw. Humankapitals abgezielt. Zwischen dem Wissen und der Produktivität ist einfachheitshalber ein proportionaler Zusammenhang anzunehmen. Es sind zwei Effekte von Humankapitalakkumulation zu unterscheiden: Zum einen der interne Effekt, der die eigene Produktivität durch Investitionen in die Ausbildung erhöht; zum anderen der externe Effekt, der einen positiven Einfluss auf das volkswirtschaftliche Humankapital hat.¹³¹ Zentrale Bedeutung haben dabei die verschiedenen Formen der Externalitäten.¹³² Wirtschaftsakteure sind angehalten, die gesamtwirtschaftliche Produktivität durch Generierung technologischen Fortschritts zu erhöhen.¹³³ Das Technologieniveau hängt damit von den Entscheidungen der Marktteilnehmer ab. Wissen bzw. Humankapital findet sich im Kapital (vereinfacht) als öffentliches Gut wieder und wird bei der Erklärung des Wachstumsprozesses dadurch explizit berücksichtigt.¹³⁴ In Anlehnung an die bereits beschriebene Cobb-Douglas-Spezifikation gilt unter den beschriebenen Bedingungen derselbe Modellrahmen,

$$Y_t = K_t^\alpha (L_t A_t)^{1-\alpha}, \text{ wobei } 0 \leq \alpha \leq 1. \quad (3.17)$$

Dabei kann jeder Marktteilnehmer auf das Wissen gleichermaßen zurückgreifen. Natürlich ist auch in Erwägung zu ziehen, dass ein Akteur auf dem Wissensstand eines anderen aufbaut.¹³⁵ Zusätzlich sind gemäß der neoklassischen Wachstumstheorie dieselben Spar- und Investitionsentscheidungen der Marktakteure zu unterstellen. Damit entspricht im Gewinn- bzw. Nutzenmaximum wieder der Realzins dem Grenzprodukt des Kapitals,

¹³⁰ Vgl. Barro (1991); Barro, Sala-i-Martin (1992).

¹³¹ Vgl. Höfert (1993), S. 24 ff.; Nelson, Phelps (1966) wie auch Welch (1970) zeigten schon die Beziehung zwischen Humankapital und der effizienten Ausnutzung technischen Fortschritts auf.

¹³² Die neue Wachstumstheorie basiert auf den Überlegungen von Romer (1986), Lucas (1988) und Grossman, Helpman (1991).

¹³³ Vgl. Klodt (1992), S. 10 f.

¹³⁴ Vgl. Romer (1986), S. 1010 ff. Die Bedeutung von Humankapital für die wirtschaftliche Entwicklung wurde im theoretischen Kontext neben Lucas (1988) auch von Uzawa (1965) deutlich gemacht.

¹³⁵ Die Grundaussstattung von Kapital kann damit verschieden sein. Dem endogenen Modell muss damit keine Konvergenz zugrunde liegen, vgl. Höfert (1993), S. 16 ff.

$$r_K = \frac{\partial Y_t}{\partial K_t} = \alpha K_t^{\alpha-1} (L_t A_t)^{1-\alpha} = \alpha \left(\frac{K_t}{L_t A_t} \right)^{\alpha-1}. \quad (3.18)$$

Verfügbare Technologien nähern sich mit der Zeit ihrer Leistungsgrenze an. Damit ist anzunehmen, dass für Verbesserungen in der Technologie immer höhere Investitionen zu tätigen sind, um inkrementelle Steigerungen hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit verzeichnen zu können. Technischer Fortschritt bzw. das Niveau desselben ist also positiv abhängig von der Kapitalintensität. Das Technologieniveau ist einfachheitshalber abhängig von der Konstante d und der Kapitalintensität K/L ,

$$A_t = dk_t. \quad (3.19)$$

Durch Einsetzen dieses Ausdrucks in die Grenzproduktivität des Kapitals (Bestimmung der Gewinnmaximierung) ergibt sich ein Realzins in Höhe von

$$r_K = \alpha \left(\frac{K_t}{A_t L_t} \right)^{\alpha-1} = \alpha \left(\frac{K_t}{dk_t L_t} \right)^{\alpha-1} = \alpha d^{1-\alpha}. \quad (3.20)$$

Dies zeigt, dass Grenzerträge des Kapitals in der endogenen Wachstumstheorie nicht zwangsweise abnehmen müssen. Der Realkapitalzins hängt nur noch von positiven Parametern ab, nicht mehr hingegen von der Kapitalintensität. Die Grenzrate der Substitution ist damit nicht mehr fallend. Der Grund hierfür ist in den Spillover-Prozessen und den positiven Externalitäten zu sehen.¹³⁶ Es sind zwei Effekte erkennbar: Zum einen ist der Realzins für ein gegebenes Technologieniveau in der Kapitalintensität k fallend. Zum anderen führt eine höhere Kapitalintensität zu einem höheren Technologieniveau, was sich wiederum auf einen steigenden Realzins auswirkt.

Es ist anzunehmen, dass die Kapitalintensität unterhalb des *steady state* liegt. Der hohe Zins veranlasst damit zu Investitionen. Dies bewirkt wiederum einen Anstieg der Kapitalintensität. Aus Gleichung (3.19) wird deutlich, dass sich die Wachstumsraten des Technologieniveaus und der Kapitalintensität entsprechen, $\dot{A}/A = \dot{k}/k$. Unter dieser Bedingung ergeben sich aus der Wachstumszerlegung (3.8) und der daraus folgenden Intensivform (3.11) folgende Zusammenhänge,

$$\begin{aligned} \frac{\dot{y}}{y} - \frac{\dot{A}}{A} &= \alpha \frac{\dot{k}}{k} - \alpha \frac{\dot{A}}{A}, \\ \frac{\dot{y}}{y} &= \alpha \frac{\dot{k}}{k} + (1 - \alpha) \frac{\dot{k}}{k} = \frac{\dot{k}}{k}. \end{aligned}$$

Damit zeigt sich, dass die Wachstumsrate des Pro-Kopf-Einkommens der Wachstumsrate der Kapital- bzw. Kapitalwissensintensität entsprechen muss. Diese ist im Gleichgewicht jedoch positiv. Hierin ist der wesentliche Unterschied zum neoklassischen Modell zu sehen. Die neue Wachstumstheorie zeigt auf, dass zum einen die Grenzproduktivität unter bestimmten Bedingungen nicht zwingend sinkt, zum anderen wird das Technologieniveau endogenisiert. Der technische Fortschritt steht dabei in Abhängigkeit von (politisch) ökonomischen Entscheidungen. Die Akkumulation von der Kapitalintensität auf die Technologie wird durch die positive

¹³⁶ Die Studie von Grossman, Helpman (1991) macht deutlich, dass Innovationen nur dann langanhaltendes Wachstum begründen können, sofern das Wissen auch anderen Akteuren zugänglich gemacht wird. Damit werden Spillover-Effekte auf weitere Bereiche zugelassen, wodurch sich Multiplikatoreffekte auf gesamtwirtschaftlicher Ebene ergeben.

Externalität bewirkt. Der Faktor Arbeit ist hingegen nicht akkumulierbar und hemmt daher die Wachstumsrate. Langfristiges Wachstum erklärt sich demnach unter der Bedingung, dass das Kapital die Arbeit überkompensiert.¹³⁷ Externe Effekte werden nicht in das ökonomische Entscheidungskalkül der Nutzer einbezogen. Wichtig dabei ist das Verständnis, dass über die Externalität das Wachstum endogen bestimmt wird. Die unbewussten Handlungen der Akteure beeinflussen die technologische Entwicklung und wirken damit indirekt auf das Wachstum. Aktivitäten werden demnach nicht über den Preismechanismus gesteuert.¹³⁸

Öffentliche Investitionen im Verkehrsinfrastrukturbereich haben dann über Spillover-Prozesse¹³⁹ positive Effekte auf den Output. Zudem entstehen Übertragungseffekte infolge der verstärkten Wissens- bzw. Humankapitalproduktion. Das eingesetzte Kapital wirkt indirekt auf die Grenzproduktivitäten der privaten Inputs. Der Ausbau des Verkehrsnetzes erhöht damit die Produktivität von Arbeit und Kapital.¹⁴⁰ In welchem Maß Verkehrsinvestitionen auf die ökonomische Entwicklung wirken, hängt also in erheblichem Maß von der Stärke der Spillover-Effekte und den regionalen Diffusionsmöglichkeiten ab.¹⁴¹

Eine divergente Entwicklung zwischen den Regionen zeigt dann wiederum den politischen Handlungsauftrag auf, rückständige Regionen mit öffentlichem Kapital, etwa durch Verkehrsinvestitionen zu fördern.¹⁴² Langfristiges Wachstum steht demnach in Abhängigkeit des Ausgangsniveaus der regionalen Faktoren und der durch die Akkumulation von Human- und Wissenskapital bewirkten Skalenerträge. Rosenberg bekräftigt, dass Wissen im Produktionssystem auf zwei verschiedene Arten wachsen kann. Zum einen durch die Anhäufung, zum anderen durch die Umsetzung des Erlernten.¹⁴³ Mit Hilfe der Verkehrsinfrastruktur könnte dabei die effektive Innovationsverbreitung gelingen.

3.2 Neoklassische Handelstheorien

Der interregionale Güteraustausch ist einer der wichtigen Grundpfeiler für die wirtschaftliche Entwicklung. Die theoretischen Grundüberlegungen gehen auf Ricardo und das Theorem des komparativen Kostenvorteils zurück.¹⁴⁴ Heckscher und Ohlin spezifizierten die Ansätze hinsichtlich regionaler Produktivitäten und Faktorausstattungen. Unterschiede in den relativen Kosten der Güterproduktion sind dabei von entscheidender Bedeutung.¹⁴⁵ Handelsmodelle prognostizieren damit näher die Zusammensetzung raumdifferenzierender Handelsstrukturen.¹⁴⁶ Nach Hesse, Rose und Falvey ergeben sich in der Handelstheorie drei wesentliche Untersuchungsaufträge. Zunächst müssen die regionalen Handelsstrukturen wie auch die

¹³⁷ Vgl. Krieger-Boden (1995), S. 60 ff.

¹³⁸ Vgl. Schlieper (1988), S. 524–530.

¹³⁹ Dem Ansatz von Romer (1986) sind dabei starke Parallelen zu den Überlegungen von Arrow (1963) nachzuweisen. Beide Theorien gehen zwar von Spillover-Effekten aus. Arrow unterstellt jedoch eine Produktionsfunktion mit steigenden Skalenerträgen bei abnehmenden Grenzerträgen der unterstellten Inputs. Romer (1986) geht dagegen davon aus, dass die Herstellung zwar abnehmende, der Einsatz dagegen steigende Grenzerträge aufweist.

¹⁴⁰ Vgl. Berechman (1995), S. 24 f.

¹⁴¹ Vgl. Krieger-Boden (1995), S. 68.

¹⁴² Vgl. Vickerman (1994), S. 3 ff.; Krieger-Boden (1995), S. 67; Lian (1996), S. 443 ff.

¹⁴³ Vgl. Rosenberg (1982).

¹⁴⁴ Vgl. Ricardo (1975).

¹⁴⁵ Vgl. Heckscher (1919), S. 497–512; Ohlin (1968).

¹⁴⁶ So wird in der Arbeit von Hahne, Stackelberg (1994) auf unterschiedliche, zugleich jedoch bestimmende Faktoren hingewiesen, wodurch sich verschiedene Entwicklungsphasen begründen lassen.

Kausalrichtungen und -wirkungen der Spezialisierung bestimmt werden. Weiterhin ist aufzuschlüsseln, inwieweit sich aus dem Handel Gewinne generieren lassen. Dazu muss die Allokation der Gewinne zwischen den Handelspartnern geklärt werden. Weiterhin ist nachzuvollziehen, welche Implikationen sich für die Entwicklung der Wohlfahrt und der bestimmenden Faktoren ergeben.¹⁴⁷

3.2.1 Theorie der komparativen Kostenvorteile

Schon zum Ende des 18. Jahrhunderts sah Adam Smith in der Arbeitsproduktivität, in den Größenvorteilen und in der Faktorausstattung die Gründe, die für die Existenz von absoluten Kostenvorteilen sprechen. Unter der Annahme der sinkenden Stückkosten machte er damit deutlich, dass Produktspezialisierungen zu Kostenvorteilen führen und sich dadurch Wohlstandsgewinne generieren lassen.¹⁴⁸

In diesem Sinne griff David Ricardo 1817 das Modell der relativen Kostenvorteile auf.¹⁴⁹ Es wird dabei unterstellt, dass zwei Länder jeweils zwei Güter produzieren. Dazu wird der Faktor Arbeit eingesetzt. Dabei sind die Güter zwischen den Ländern und Firmen homogen. Arbeit ist innerhalb des Landes homogen und zwischen den Industrien mobil, international hingegen heterogen und immobil. Die Produktionstechnologie wird als Arbeitsproduktivitätsparameter definiert und variiert sowohl zwischen den Ländern als auch den Industrien. Konsumenten versuchen ihren Nutzen, Unternehmen dagegen ihren Gewinn zu maximieren. Im Hinblick auf relative Kostenunterschiede macht Ricardo deutlich, dass ein Land Handelsbeziehungen aufgreifen sollte, wenn ein komparativer Kostenvorteil gegenüber dem Handelspartner besteht. Er stellt damit auf die Bedeutung der Spezialisierung in der Güterproduktion ab. Der Ansatz geht von der Grundannahme aus, dass jede Nation sich auf die Produktion der Güter spezialisieren sollte, deren komparative Kosten niedriger als die des Handelspartners sind. Eine Region weist dabei immer dann eine exportorientierte Wirtschaft auf, sofern ein Gut produziert und dieses im Ausland auch nachgefragt wird.¹⁵⁰

Der Ursprung der komparativen Kostenvorteile ist in den Produktivitätsunterschieden bei der Produktion einzelner Güter zu sehen.¹⁵¹ Um den relativen Vorteil ermitteln zu können, müssen die entsprechenden Produktionskostenstrukturen miteinander verglichen werden. Damit wird deutlich, dass die Handelsrichtung durch die Kostenverhältnisse bestimmt wird, nicht hingegen durch die von Adam Smith unterstellten absoluten Kostenvorteile.¹⁵² Auch ist in diesem Zusammenhang deutlich zu machen, dass Handel und die damit bewirkte veränderte Produktionsstruktur auch den gesamtwirtschaftlichen Konsum beeinflussen. Ricardo führt mit dem Ansatz den Beweis, dass Handel für alle Akteure gleichbleibende Konsummöglichkeiten mit weniger Inputs in der Produktion ermöglichen bzw. höheren Konsum mit der gleichen Faktorausstattung bewirken könne.¹⁵³ Spezialisierung führt damit aufgrund des relativen Kostenvorteils zu einem höheren Wohlstandsniveau.¹⁵⁴ Die Grundthese des Modells, dass Länder oder

¹⁴⁷ Vgl. Hesse (1988), S. 365; Rose (1988), S. 363 f.; Falvey (1994).

¹⁴⁸ Vgl. Smith (1974).

¹⁴⁹ Vgl. Ricardo (1975).

¹⁵⁰ Vgl. Feix (1995), S. 23 f.

¹⁵¹ Vgl. Krugman, Obstfeld (1994).

¹⁵² Vgl. Weiler (1996), S. 27 ff.

¹⁵³ Vgl. Ricardo (1975).

¹⁵⁴ Vgl. Schumann (1988), S. 406.

Regionen insbesondere den Export von Gütern forcieren sollten, bei denen relative Produktivitätsvorteile bestehen, kann als gesichert gelten.¹⁵⁵ Allerdings wird der durch das Modell implizierte Struktureffekt als problematisch gesehen, da er hohe Spezialisierung voraussetzt. Der hohe Spezialisierungsgrad lässt sich jedoch relativieren, wenn modelltheoretisch mehrere Produktionsfaktoren unterstellt werden.¹⁵⁶ Die ersten Ansätze dieser Überlegungen gehen auf die Studien der schwedischen Ökonomen Eli Heckscher und Bertil Ohlin zurück.

3.2.2 Standardmodell der traditionellen Handelstheorie

Auch das Modell von Heckscher und Ohlin beruht auf der Annahme, dass Freihandel die Wohlfahrt steigert.¹⁵⁷ Die Faktorausstattungstheorie steht damit in der Tradition des Ricardo-Ansatzes. Die Grundüberlegungen dieser Theorie sind darin zu sehen, komparative Vorteile bei der Produktion eines Gutes aus den relativen Faktorausstattungen der betreffenden Länder abzuleiten.¹⁵⁸ Damit ist es einerseits zum Ricardo-Modell komplementär, das komparative Vorteile durch Technologieunterschiede erklärt. Andererseits ist in dem Ansatz von Heckscher und Ohlin eine Weiterentwicklung insofern zu sehen, dass die Annahme identisch existierender Technologien getroffen und dazu zwei Produktionsfaktoren wie Arbeit und Kapital unterstellt werden. Zwei wesentlichen Kritikpunkten wird damit begegnet. Die Autoren definieren die Technologie selbst als handelbar. Damit können Struktureffekte nicht durch exogen bedingte Technologieunterschiede prognostiziert werden. Zudem wird der restriktiven Annahme begegnet, dass komparative Vorteile nur aufgrund der Unterschiede in der Arbeitsproduktivität entstehen würden. Ein Modell mit mehreren operierenden Inputs kann qualitativ stärkere Rückschlüsse über die Effekte des Handels auf die Einkommensverteilung geben.¹⁵⁹ Ohlin zeigt auf, dass sich durch den Freihandel die realen Faktorpreise ohne Faktorwanderungen angleichen. Die Produktionsfaktoren sind international immobil, im Inland hingegen mobil. Transportkosten entstehen dabei nicht. Die Länder verfügen darüber hinaus über die gleiche Anzahl von Gütern und Produktionsfaktoren. Unterstellt wird zudem, dass beide Handelspartner auf ausreichende, jedoch jeweils unterschiedliche Faktoren zurückgreifen können.¹⁶⁰ Die Grundkonstellation des Modells macht deutlich, dass die Handelsrichtung nicht mehr durch Produktivitätsunterschiede, sondern durch die Ausstattung der Primärfaktoren und den Einsatz der Technologie bedingt wird.¹⁶¹ Gemäß der Heckscher-Ohlin-These betreiben Länder spezifischen Güterexport. Die Produktion hängt damit von der Verfügbarkeit der jeweiligen Faktoren ab.¹⁶² Falvey zieht den Schluss, dass hinsichtlich des Exports wirtschaftsstarke Regionen zu kapitalintensiveren, wirtschaftsschwache Regionen hingegen zu arbeitsintensiveren Gütern tendieren.¹⁶³ Trotz expliziter Überarbeitungen des Ricardo-Modells bleibt jedoch die empirische Bestätigung der klassischen Handelstheorie im Sinne von Heckscher und Ohlin aus. Dies liegt an den für das Modell sehr restriktiv getroffenen Annahmen hinsichtlich der Festlegung

¹⁵⁵ Vgl. Leamer (1992).

¹⁵⁶ Vgl. Feix (1995).

¹⁵⁷ Vgl. Siebert, Rauscher (1991), S. 504 ff.

¹⁵⁸ Vgl. Ohlin (1968).

¹⁵⁹ Vgl. Krugman, Obstfeld (1994).

¹⁶⁰ Vgl. Ohlin (1968); Leamer (1992).

¹⁶¹ Vgl. Plümper (1996).

¹⁶² Vgl. Ohlin (1968).

¹⁶³ Vgl. Falvey (1994). Hierin sind Parallelen zur neoklassischen Wachstumstheorie zu sehen. Durch den regionalen Gütertausch werden Faktorproportionen ausgeglichen, wodurch sich gleichzeitig die jeweiligen Faktorintensitäten relativieren lassen.

identischer Technologien, gegebener Faktorausstattung, Immobilität der Faktoren und dem perfekten Wettbewerb. Zudem können Gewinne aus technologischen Innovationen, externen Effekten und steigenden Skalenerträgen nicht realisiert werden.¹⁶⁴

Die Modelle von Ricardo und Heckscher-Ohlin sind zwar mit Schwierigkeiten behaftet. Dennoch können durch Modifikationen im modelltheoretischen Annahmenbereich (etwa der Berücksichtigung von Transport- und Anpassungskosten, verursacht durch Technologieunterschiede) Implikationen hinsichtlich der raumwirtschaftlichen Effizienz abgeleitet werden. So wird deutlich, dass durch die lokale oder regionale Verkehrsinfrastrukturausstattung die komparativen Vorteile der Handelsakteure beeinflusst werden und sich die Verkehrsnachfrage durch die Kostendifferenzen reguliert. Damit gelingt es, aus der abgeleiteten Nachfrage der Handelstheorie auf Ansätze der raumwirtschaftlichen Verkehrsinfrastrukturtheorie zu schließen.¹⁶⁵

3.2.3 Ansätze der Neuen Handelstheorie

Während die klassischen Theoreme auf der Annahme der vollkommenen Konkurrenz beruhen, bezieht sich die neue Handelstheorie auf den unvollkommenen Wettbewerb. Die Ansätze greifen zum großen Teil industrieökonomische Überlegungen auf, da Interaktionen zwischen Märkten und Unternehmen, aber auch das Verhalten der Firmen in diesen Märkten berücksichtigt werden.¹⁶⁶ Dadurch gelingt auch die Beobachtung der Interdependenzbeziehung zwischen Marktstruktur und Marktverhalten.¹⁶⁷ Im Blickpunkt der Untersuchungen steht das wachsende Handelsgeschehen im intraindustriellen Bereich. Eine wichtige Rolle spielen dabei die irreversiblen Kosten, im Besonderen aber der Wettbewerb und die steigenden Skalenerträge infolge der Beseitigung von Ineffizienzen.¹⁶⁸ So bekräftigen Krieger-Boden wie auch Pratten, dass Handelseffekte, Spezialisierungsmuster, Lerneffekte und die daraus entstehenden Gewinne nicht durch Unterschiede in der Faktorausstattung verschiedener Länder, sondern durch Wettbewerb und die Ausnutzung von Skalenerträgen entstehen würden.¹⁶⁹ Argumentativ kann dargelegt werden, dass der Wettbewerbsdruck im Zuge von effizient ausgestalteten Prozessen zu steigenden Skalenerträgen führt, die wiederum nur durch Spezialisierung im Sinne der komparativen Vorteile zu realisieren sind. Dies gilt einerseits für den erschlossenen und entwickelten Markt selbst, also die differenzierte Güterstruktur einschließlich der Wertschöpfungskette zwischen Produzenten und Endverbraucher,¹⁷⁰ andererseits aber auch für die Wettbewerbsintensität im Transportsektor. So stellen Vickermann und Monnet klar, dass eine bessere Erschließung mit Verkehrswegen ohne jeglichen Wettbewerbsdruck im Verkehrsbereich nicht zu mehr Wettbewerb auf den Märkten führen muss.¹⁷¹ Ansätze von Venables und Gasiorrek oder auch Krugman zeigen zudem auf, dass sich durch ein besser ausgestaltetes Verkehrsnetz stärkere Produktivitäts- und Kosteneffekte ergeben können. Handelsgewinne lassen sich

¹⁶⁴ Vgl. Schumann (1988).

¹⁶⁵ Vgl. Jara-Diaz (1986); Blum (2004), S. 381.

¹⁶⁶ Vgl. Milgrom, Roberts (1982), S. 280–312.

¹⁶⁷ Vgl. Schumpeter (1952).

¹⁶⁸ Vgl. Stieglitz (1987), S. 883–937.

¹⁶⁹ Vgl. Krieger-Boden (1995), S. 49; Pratten (1971), S. 3 ff.

¹⁷⁰ Vgl. Blum (2004), S. 383; Nijkamp, Poot (1998), S. 7 ff.

¹⁷¹ Vgl. Vickermann, Monnet (2001), S. 122 ff.

dabei durch zunehmende Skalenerträge generieren¹⁷², die ihrerseits wiederum stark von branchenmäßigen Strukturen und dem Nachfrageverhalten auf Märkten abhängen.¹⁷³ Zusätzlich ist die Angebotsseite zu berücksichtigen. Steigende Skalenerträge und die begrenzte Zahl von Anbietern können dabei zu oligo- oder monopolistischem Wettbewerb führen.¹⁷⁴ Weiler sieht in den steigenden Skalenerträgen sogar einen wesentlichen Grundbaustein der Spezialisierung und des Freihandels.¹⁷⁵ Krugman zeigt dagegen in einer späteren Studie auf, dass steigende Skalenerträge die Sinnhaftigkeit des Freihandels andeuten, jedoch ließen sich daraus keine Struktureffekte und Spezialisierungsmuster ableiten. Diese seien eher auf historische Gegebenheiten des Landes zurückzuführen.¹⁷⁶

Zudem ist nach Premer die restriktive Betrachtung der immobilen Produktionsfaktoren¹⁷⁷ in den Modellen der (neo-)klassischen Handelstheorie nicht haltbar.¹⁷⁸ Der Grund ist im Abbau von Handelsbarrieren zu sehen, bewirkt durch die Öffnung der Volkswirtschaften¹⁷⁹, den politischen Entscheidungen zur Liberalisierung des Handels, den Kommunikationstechnologien und insbesondere den Ausbau der Verkehrsinfrastruktur. Der Rückschluss zur klassischen Handelstheorie ist insofern zu ziehen, dass durch den Ausbau des Transportnetzes die Transportkosten beeinflusst werden. Diese bedingen regionale Handels-, Produktions-, Distributions- und Konsumeffekte, die wiederum einen entscheidenden Einfluss auf die Wohlfahrt haben.¹⁸⁰ Die Bedeutung der Transportkosten für die wirtschaftliche Entwicklung wurde schon früh hervorgehoben. Daher stellte Weber sogar die aus der klassischen Handelstheorie gezogenen Schlüsse gänzlich in Frage.¹⁸¹ Schon Isard führte den expliziten Beweis, dass insbesondere Transportkosten die Handelsstrukturen, die regionale Spezialisierung und die daraus generierten Gewinne stark beeinflussen können.¹⁸² Knop macht in diesem Zusammenhang die grundlegende Beziehung zwischen der Verkehrs- und der Handelstheorie deutlich: Handel hängt danach vom Produktionsvorteil und den zu realisierenden Skalenerträgen ab. Zusätzlich wird dieser aber auch durch Handelshemmnisse wie den Transportkosten bestimmt. Wie bereits von Blum aufgezeigt, definiert sich demnach die maximale Zahlungsbereitschaft für die Verkehrsnachfrage durch die Differenz der relativen Kosten.¹⁸³ Es ist festzuhalten, dass verbesserte Erreichbarkeiten die Import- wie auch Exportmöglichkeiten einer Region stark verbessern können und damit den Wettbewerb steigern. Angepasstes Marktverhalten und entsprechende Rationalisierungsmaßnahmen führen zu steigenden Skalenerträgen. Der Prozess vollzieht sich auf Mikro- und Makrobasis. Es ist jedoch auch die Möglichkeit denkbar, dass durch Rationalisierungsmaßnahmen oligopolistische oder monopolistische Marktstrukturen auf Kosten der heimischen Produktion herbeigeführt werden.¹⁸⁴ Handel könnte in der Folge eine geringere Faktorausstattung und damit niedrigere Gewinne verursachen.

¹⁷² Vgl. Krugman (1987), S. 134.

¹⁷³ Vgl. Venables, Gasiorek (1999).

¹⁷⁴ Vgl. Bhagwati (1989), S. 17 ff.

¹⁷⁵ Vgl. Weiler (1996), S. 50.

¹⁷⁶ Vgl. Krugman (1991b), S. 61; Martin, Sunley (1996), S. 263.

¹⁷⁷ Dazu auch Leamer (1992), S. 73.

¹⁷⁸ Vgl. Premer (1994).

¹⁷⁹ Vgl. Daly (1994), S. 42.

¹⁸⁰ Vgl. Ritter (1994), S. 17 ff.

¹⁸¹ Vgl. Weber (1922).

¹⁸² Vgl. Isard (1954a), S. 97 ff.

¹⁸³ Vgl. Knop (1984), S. 66 f.

¹⁸⁴ Vgl. Krieger-Boden (1995), S. 49.

3.3 Regionalökonomische Theorie

Neben der Wachstumstheorie behandelt die regionale ökonomische Theorie zusätzlich die Allokation im Raum. Im Rahmen des Untersuchungsauftrags ist zu beurteilen, inwiefern Verkehrsinfrastruktur einerseits gleichmäßig, andererseits konzentrierend auf die ökonomische Verteilung im Raum wirken kann. Durch die Beobachtung räumlicher Ballungszentren, der Wirkungen von Produktion und Konsumption wie auch der Kosten der Raumüberwindung gelingt es, die ökonomischen Zusammenhänge zwischen den Raum- und Stadtssystemen nachzuvollziehen.

3.3.1 Agglomerationsbildung nach dem Krugman-Ansatz¹⁸⁵

Die ökonomische Geographie basiert auf den Überlegungen wichtiger regionalökonomischer Theorieansätze. Sie greift die Zusammenhänge zwischen der Entfernung und der regionalen Tätigkeit auf¹⁸⁶, sie erklärt standorttheoretisch die räumliche Verteilung der Industrie¹⁸⁷ und behandelt mit regional- und standorttheoretischem Bezug die möglichen Gleichgewichte im Raum¹⁸⁸. Explizit wird dabei auf die zentralen Theoriegebäude der modernen Wachstumstheorie¹⁸⁹ und der Neuen Außenhandelstheorie¹⁹⁰ Bezug genommen.¹⁹¹ Im zentralen Blickpunkt der neuen regionaltheoretischen Untersuchungen steht damit der Versuch, die ökonomischen Mechanismen, die Produktion im Raum (Spezialisierungsmuster), die räumlichen Interaktionen und die Agglomerationsbildung näher zu erklären.¹⁹²

Die Neue Ökonomische Geographie gibt grundlegend zwei Richtungen vor. Das von Krugman formalisierte Kern-Peripherie-Modell definiert sich dabei durch mobile und qualifizierte Arbeitskräfte. Krugman und Venables zeichnen zudem die Raumstruktur mit Hilfe von Verflechtungen der industriellen Produktion nach. Im Blickpunkt steht die lokale Nähe zwischen den End- und Zwischengütermärkten.¹⁹³ Explizit berücksichtigt werden dabei in beiden Ansätzen die wesentlichen raumdifferenzierenden Faktoren, das jeweilige mobile Faktorangebot, die Kosten des Transports, die Agglomerationseffekte¹⁹⁴ und der technische Fortschritt.¹⁹⁵ Im Besonderen werden die aus der neuen Handelstheorie abgeleiteten Annahmen der steigenden Skalenerträge und des unvollkommenen Wettbewerbs mit einbezogen. Langfristige Gleichgewichte können sich dabei durch freien Marktein- und -austritt einstellen. Die Ansätze machen deutlich,

¹⁸⁵ Die Ausführungen beziehen sich auf folgende Beiträge: Krugman (1980, 1991a, 1991b, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1998); Krugman, Obstfeld (1994); Krugman, Venables (1995); Venables (1996); Baldwin et al. (2003).

¹⁸⁶ Vgl. Thünen (1921).

¹⁸⁷ Vgl. Weber (1922).

¹⁸⁸ Vgl. Lösch (1944).

¹⁸⁹ Vgl. Barro, Sala-i-Martin (1995).

¹⁹⁰ Vgl. Helpman, Krugman (1985).

¹⁹¹ Vgl. Baldwin et al. (2003).

¹⁹² Vgl. Krugman (1991b). In der Arbeit von Fujita, Mori (2005) werden dabei die unterschiedlichen (geographischen) Ebenen der Agglomerationsbildung untersucht.

¹⁹³ Vgl. Krugman (1991b); Krugman, Venables (1995); Venables (1996).

¹⁹⁴ Unter den Agglomerationseffekten sind die Vor- und Nachteile räumlicher Ballung zu verstehen. Agglomerations definieren sich insbesondere durch lokal stark ausgebaute Infrastruktursysteme und große Absatz-, Beschaffungs- wie auch Arbeitsmärkte. Wissenseffekte spielen dabei eine zentrale Rolle. Technologien dringen durch Wissensdiffusion nach außen, wodurch Cluster entstehen können. Spezialisierungsmuster nehmen dabei natürlich eine Schlüsselrolle ein. Gleichzeitig lassen sich jedoch auch hohe Grundstückskosten und verschiedenste Beeinträchtigungen der Lebensqualität nachweisen.

¹⁹⁵ Vgl. Hahne, Stackelberg (1994), S. 6 f.; Klippel (1993), S. 15 f.

dass durch die regionalökonomische Betrachtung auch auf die nationale und internationale wirtschaftliche Entwicklung geschlossen werden kann.¹⁹⁶

Ausgangspunkt der theoretischen Konzepte sind die pekuniären Nachfrage- und Produktions-externalitäten. Während Externalitäten in vollkommenen Wettbewerbsmärkten nur Umverteilungswirkungen zur Folge haben, führen sie in unvollkommenen Märkten zu Ineffizienzen oder Verzerrungen in der Allokation. Die Einflüsse werden also nicht über das Preissystem vermittelt.¹⁹⁷ Die horizontalen marktmäßigen Externalitäten wirken über den Einkommens-Mengen-Effekt. Auf Unternehmensebene führen Erweiterungen in den Kapazitäten zu Steigerungen in den Lohneinkommen. Dadurch werden sowohl die Investitionsneigung im Unternehmenssektor wie auch der Konsum im Verbrauchermarkt angeregt.¹⁹⁸ Weiterhin können vertikale Externalitäten auftreten. Diese erklären sich durch das Auftreten sinkender Stückkosten, verursacht durch steigende Skalenerträge. Hirschman weist in diesem Zusammenhang auf die marktmäßig auftretenden Vorwärts- wie auch Rückwärtskopplungen hin. Vorwärtsverbindungen entstehen, wenn in verstärktem Maße Größendegressionsvorteile realisiert werden, wodurch Qualitäts-, Preis- und Einkommenseffekte umzusetzen sind. Ausschlaggebend hierfür sind die geringeren Handels- bzw. Transportkosten (Kostenvorteil). Dies führt wiederum unmittelbar zu den Rückwärtskopplungseffekten. Durch die höhere Nachfrage können nachgelagerte Unternehmen mehr Produkte auf dem Markt absetzen. Dadurch gelingt es der vorgelagerten Firma wiederum, einen (gesteigerten) Mengeneffekt zu realisieren (Nachfragevorteil).¹⁹⁹ Die dabei nachzuweisenden Kopplungseffekte verstärken sich aufgrund ihres zirkulären wie auch kumulativen Prozesses immer mehr.²⁰⁰ Nachfrage- und Produktionsexternalitäten entstehen also durch Marktbeziehungen²⁰¹. Die sich dadurch ergebenden Effekte beeinflussen wiederum die Standortentscheidungen der Firmen. In den modelltheoretischen Ansätzen werden damit die Agglomerations- und Spezialisierungsmuster endogen erklärt.²⁰²

3.3.1.1 Das Kern-Peripherie-Modell

Die neue ökonomische Geographie kann wichtige Wirkmechanismen zwischen der Verkehrsinfrastruktur und der wirtschaftlichen Entwicklung aufzeigen. Als Referenzansatz dient im Folgenden das von Krugman formalisierte Kern-Peripherie-Modell mit mobilen Arbeitskräften. Der Modellrahmen wird dabei in einer Vielzahl weiterer Studien aufgegriffen und modifiziert.²⁰³ Im Grundmodell besteht die Ökonomie aus zwei Regionen mit zwei Sektoren. Alle Haushalte haben dabei homogene Präferenzen. Die Landwirtschaft spiegelt die örtlich gebundene, also immobile Produktion, die Industrie dagegen die örtlich ungebundene mobile Produktion wider. Agrararbeiter L_A sind dabei über die Fläche gleichmäßig, also regional symmetrisch verteilt

¹⁹⁶ Vgl. Krugman, Venables (1995).

¹⁹⁷ Vgl. Ottaviano, Thisse (2001).

¹⁹⁸ Vgl. Bohnet (1968), S. 22 ff.

¹⁹⁹ Vgl. Hirschman (1967), S. 94 f.

²⁰⁰ Nach Myrdal (1957) greifen die sich selbst verstärkenden zirkulären Prozesse sowohl ökonomische wie auch soziale Gegebenheiten auf.

²⁰¹ Während Krugman in seinen Arbeiten insbesondere Nachfrageexternalitäten hervorhebt, bezieht sich Venables (1996) auf die externen Effekte in der Produktion.

²⁰² Natürlich ist darauf hinzuweisen, dass die Neue Ökonomische Geographie auf weitere Wirkmechanismen wie beispielsweise die Wissensspillover hinweist, vgl. Fujita, Thisse (2002).

²⁰³ Vgl. Feix (1995); Martin, Sunley (1996).

und produzieren unter konstanten Skalenerträgen bei vollständigem Wettbewerb. Für landwirtschaftliche Produkte entstehen keine Transportkosten. Die Nominallöhne gleichen sich in der Folge aus. Im industriellen Sektor hingegen erfolgt eine Differenzierung der Produktion unter Ausnutzung steigender Skalenerträge. Die industrielle Arbeit L_M ist zunächst über beide Regionen verteilt, wobei jeweils nur an einem Standort produziert wird. Damit sind wie in der neuen Handelstheorie monopolistische Marktstrukturen vorzufinden.²⁰⁴ Die Nutzenfunktion der Haushalte definiert sich durch

$$U = C_M^\mu + C_A^{1-\mu},$$

wobei C_M und C_A den Konsum der industriellen und der landwirtschaftlichen Güter bezeichnen. Der Parameter μ weist dabei den Anteil der Gesamtausgaben nach. Der Konsum an Industriegütern wird von Krugman durch folgende (aggregierte) CES-Funktion beschrieben:

$$C_M = \left(\sum_{i=1}^N c_i^{\sigma-1/\sigma} \right)^{\sigma/\sigma-1}.$$

Dabei bezeichnen N die Anzahl der verfügbaren Produkte und σ die Elastizität der Substitution zwischen diesen Gütern, $\sigma > 1$. Es ist weiterhin zu unterstellen, dass die Anzahl der Arbeitskräfte im industriellen Sektor dem Anteil der industriellen Güter am gesamten Konsum entspricht. Unter der Annahme steigender Skalenerträge lautet die Funktion für den Arbeitskräfteeinsatz in der Industrie

$$L_{Mi} = a + \beta x_i.$$

Der Parameter a definiert den fixen Arbeitseinsatz, das β den zur Produktion des Gutes x_i eingebrachten Arbeitseinsatz. Zudem unterstellt Krugman für diesen Sektor Transportkosten in der Samuelsonschen Eisberg-Form. Es wird also unterstellt, dass nur ein bestimmtes Quantum der am Ursprungsort abgeschickten Güter am Zielort ankommt, $\tau < 1$.²⁰⁵ Weiterhin wird angenommen, dass es eine große Anzahl industrieller Firmen gibt, von denen jede einzelne ein Produkt produziert. Unter den Bedingungen der aggregierten CES-Funktion und den Transportkosten entspricht die Substitutionselastizität im Industriegüterbereich der Elastizität des Nachfragepreises. Der profitmaximierende Preis eines Unternehmens in einer Region liegt demnach bei

$$p_i = \left(\frac{\sigma}{\sigma-1} \right) \beta w_i,$$

wobei p_i den Preis und w_i den Lohnsatz, jeweils in einer Region definieren. Zudem unterstellt Krugman freien Marktzutritt. Bei diesem stellt sich ein über alle Regionen identischer Firmengüteroutput ein, der völlig unabhängig zu Lohnsätzen, zur relativen Nachfrage bezüglich der regionalen Industrietätigkeit oder zu anderen Faktoren steht.

Vier Wirkmechanismen sind für die Veränderung der Raumstruktur damit von grundlegender Bedeutung: die Ausnutzung der Skalenerträge, die Höhe der Transportkosten, die Mobilität der Arbeitskräfte und die historischen Gegebenheiten. Das Modell kann dabei auf den Mehrregionenfall ausgeweitet werden.

²⁰⁴ Vgl. Chamberlin (1933); Dixit, Stiglitz (1977).

²⁰⁵ Vgl. Samuelson (1954).

3.3.1.2 Wirkmechanismen zwischen Verkehr und Raum

Krugman beschreibt in seinem Modell mehrere Wirkrichtungen für das Entstehen von Agglomerationen. Den Ausgangspunkt hierfür stellen die marktmäßigen Kopplungszusammenhänge dar, die durch die zirkulären Prozesse zwischen den Unternehmen und Anbietern, wie auch zwischen den Unternehmen und Konsumenten entstehen. Wie bereits angeführt, erfolgt der Erklärungsansatz in Anlehnung an die frühere Polarisierungstheorie. Unternehmen zieht es aus Profitabilitätsgründen in die Nähe großer Absatzmärkte. Industrieunternehmen können wiederum höhere Löhne zahlen. Die gesteigerte Attraktivität bewirkt wiederum einen stärkeren Zuzug hoch qualifizierter Arbeitskräfte (Nachfragevorteil – *demand linkage*).²⁰⁶ Im Fokus steht dabei die Höhe der Reallohnneaus. Gleichzeitig ist zu berücksichtigen, dass die in heimischen Regionen abgesetzten Güter weniger transportkostenintensiv sind als Produkte, die dem interregionalen Handel unterliegen. Der Kostenvorteil (*supply linkage*) führt dann wiederum zu Steigerungen in der Kaufkraft.²⁰⁷ Ausschlaggebend ist also die zu Beginn gegebene Marktgröße. Die beschriebenen Nachfrage- und Kostenvorteile führen dazu, dass sich Arbeitskräfte und Firmen vorzugsweise in den Regionen ansiedeln, deren Märkte anfänglich am größten sind.²⁰⁸ Verfestigen wird sich diese Entwicklung in dem von Krugman beschriebenen zirkulären Prozess.²⁰⁹ Die agglomerationsbildenden zentripetalen Kräfte führen durch die Kopplungseffekte zu umso stärkerer Konzentration, je niedriger die Transportkosten und je höher die zu realisierenden Skalenerträge und Anteile der mobilen, handelbaren Nachfragen sind. Der Schwellenwert in der Transportkostenhöhe (*break point* – T_B) darf dabei nicht überschritten werden.

Die regionale Konzentration greift jedoch nur, solange die agglomerationsbildenden zentripetalen Wirkungen die zentrifugalen (deglomerativen) Kräfte überkompensieren. Letztere treten im immobilien Sektor auf und wirken dispersiv. Im immobilien Bereich ist die Nachfrage gleichverteilt. Ausgehend von dieser Gleichverteilung würde eine Umsiedlung von Unternehmen in den dann größer werdenden Märkten einen stärkeren Wettbewerbsdruck innerhalb der Regionen verursachen. Unmittelbare Folge des Markteintritts ist, dass sich Gewinne dem Fixkostenniveau angleichen (Chamberlin'sche Tangentiallösung). Den Arbeitskräften kann dadurch nur noch ein geringerer Lohn bezahlt werden als in den kleineren wettbewerbsärmeren Regionen. Wettbewerb kann damit der Agglomerationsbildung entgegenwirken.²¹⁰ Der Grund ist in der starken Abhängigkeit zu den Transportkosten zu sehen. Die Bildung von Agglomerationen hält an, solange ein Unternehmen seinen Gewinn durch Verlagerung des Firmensitzes nicht erhöhen kann. Je mehr Unternehmen jedoch in einer Region ansässig werden, desto höher werden die Preise der immobilien Faktoren. Zudem erhöht sich massiv der Wettbewerbsdruck innerhalb dieses Gebietes. Zentrifugale Kräfte führen also zu einem Marktüberfüllungseffekt. Interregionaler Handel und Transportkosten stehen in negativer Beziehung zueinander. Wenn die Handelskosten dabei ein bestimmtes Niveau überschreiten, nähern sich Unternehmen der immobilien Nachfrage an. Dadurch gelingt den Firmen, wieder Wettbewerbsvorteile zu realisieren. Die Agglomeration löst sich damit in Folge des Abwanderungsprozesses auf.

²⁰⁶ Vgl. Krugman (1992), S. 486.

²⁰⁷ Vgl. Feix (1995), S. 48 ff.

²⁰⁸ Zur anschaulichen Darstellung der zirkulären Wirkung von Kopplungseffekten, vgl. dazu Feix (1995), S. 78. Der zirkuläre Prozess vollzieht sich dabei in einer ad-hoc-Bewegung im Sinne der Spieltheorie, vgl. dazu Fujita, Krugman, Venables (1999), S. 7 ff.

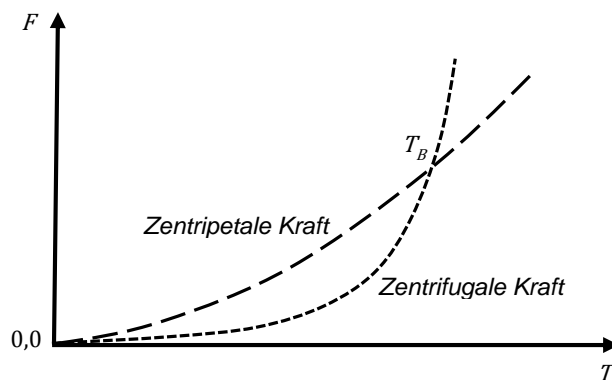
²⁰⁹ Vgl. Krugman (1991b), S. 61.

²¹⁰ Vgl. Krugman (1991b), S. 491; Junius (1996), S. 9.

Abbildung 2 vereinfacht den Zusammenhang der für den Kern-Peripherie-Ansatz relevanten Wirkkräfte. Die Kurvenverläufe zeigen auf, dass beide Kräfte stärker werden, sobald die Transportkosten steigen. Anfänglich nehmen dabei die Zentripetalkräfte stärker zu. Diese verstärken die agglomerativen Wirkungen mit mobileren Arbeitskräften und steigenden Skalenerträgen. Bis zum Schwellenwert (T_B) wirken (niedrige) Transportkosten konzentrationsfördernd. Ab dem *break point* kehrt sich das Kräfteverhältnis um. Die Belieferung der Peripherie wird dann zu teuer. Es vollzieht sich in der Folge ein Abwanderungsprozess. Die Zentrifugalkräfte wirken umso stärker, je höher die Transportkosten steigen. Die dadurch bewirkten Wettbewerbs- und Hinterlandeffekte wirken wiederum deglomerierend. Reine Marktzugangs- und Lebenshaltungskosteneffekte sind demnach dann zu beobachten, solange die Transportkosten unterhalb dem Schwellenwert liegen.²¹¹ Neben den bereits beschriebenen Indikatoren ist auch hier wieder den historischen Gegebenheiten eine eminente Rolle zuzuweisen.

Abbildung 2

Zentripetale und zentrifugale Kräfte in Abhängigkeit von den Transportkosten



Quelle: Baldwin et al. (2003), S. 29.

3.3.1.3 Raumstrukturelle Anpassung

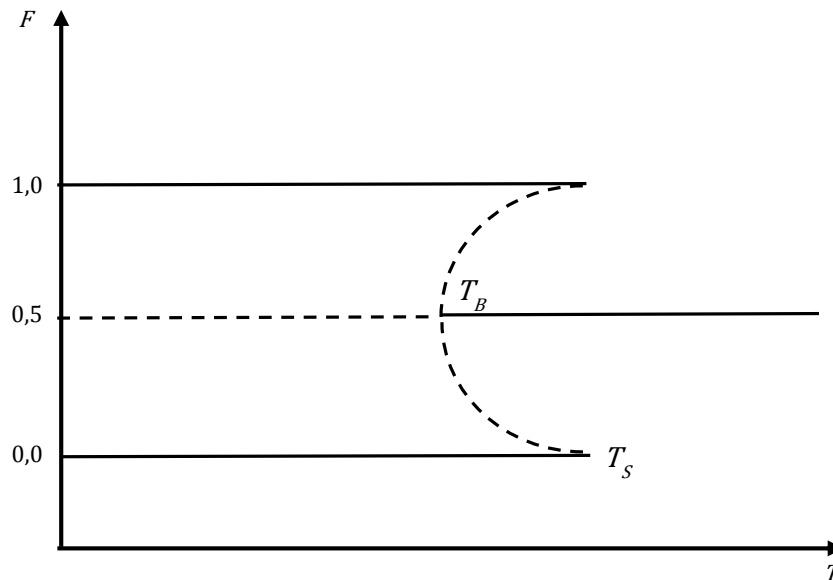
Regionale Konzentration kann jedoch auch dann vorliegen, wenn der Schwellenwert T_B unterhalb des Transportkostenniveaus liegt. Dieser Hystereseeffekt liegt dann vor, wenn bei einem Regionswechsel der private Ertrag der Unternehmen trotz hoher Transportkosten geringer wäre als bei einem weiteren Verbleib am bisherigen Standort. Der soziale Ertrag wäre dennoch bei einer regional symmetrischen Verteilung oder einem kollektiven Standortwechsel höher. Das Interesse an einem Standortwechsel entsteht erst ab Erreichen des sogenannten *sustain points* T_S . Ab diesem Punkt können die pekuniären Nachfrageexternalitäten die privaten Kosten nicht mehr überkompensieren. Die Beziehung zwischen der Transportkostenhöhe und der raumstrukturellen Anpassung lässt sich für den Zwei-Regionen-Fall mit Hilfe eines sogenannten Tomahawk-Bifurkations-Diagramms darstellen (Abbildung 3).²¹² An der Abszisse werden die (im Zeitablauf fallenden) Handels- bzw. Transportkosten abgetragen. Durch die Bewegung

²¹¹ In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass den Transportkosten bei einer bestimmten Konstellation der relevanten Parameter nicht zwingend eine Schlüsselrolle zukommen muss. So könnten die Skalenerträge wie auch der Anteil der Industrie so hoch sein, dass dies im Ansatz zur vollständigen Agglomerationsbildung im mobilen Sektor führt. Dies gilt auch dann, wenn die Transportkosten unendlich hoch sind. Dieser Zusammenhang wird als *no-black-hole-condition* bezeichnet, vgl. Fujita, Krugman, Venables (1999); Krugman (1991b).

²¹² Vgl. Fujita et al. (1999), S. 68.

von rechts nach links zeichnen sich fallende Kosten ab. Die Ordinate kennzeichnet dabei die Raumstruktur anhand der Arbeitskräfteverteilung. Durchgezogene Linien zeigen stabile Gleichgewichte, gestrichelte Linien weisen dagegen Instabilitäten auf.

Abbildung 3
Bifurkationsdiagramm für das Krugman Kern-Peripherie-Modell



Quelle: Fujita et al. (1999), S. 68.

Graphisch werden damit drei mögliche stabile Gleichgewichte aufgezeigt. Bei hohen Transportkosten verteilt sich die Industrietätigkeit auf beide Gebiete symmetrisch (stabiles Gleichgewicht bei voller Dispersion). Zwischen dem *sustain point* T_S und dem Schwellenwert T_B liegen multiple Gleichgewichte vor. Sobald jedoch die Transportkosten aufgrund von Handelsintegration unter den Schwellenwert sinken, konzentriert sich die Industrietätigkeit übergangslos an einem der beiden Standorte, wodurch das symmetrische Gleichgewicht instabil wird. Transportkostensenkung oder ein temporärer Schock können also zu einer katastrophischen Veränderung der Raumstruktur führen.²¹³ Auch nach Abklingen des Schocks verharrt die Modellwirtschaft in einem Kern-Peripherie-Zustand, solange die Transportkosten unterhalb des *sustain points* liegen. In diesem Zusammenhang ist darauf hinzuweisen, dass sich der Schwellenwert umso weiter nach rechts verschiebt, je größer der Anteil für Industriegüterausgaben wird. In der Folge verschiebt sich dann auch der *sustain point* nach rechts. Der *sustain point* liegt also zu jeder Zeit über dem Schwellenwert.²¹⁴ Es wird damit deutlich, dass es sich bei den Transportkosten um einen kritischen Faktor handelt, der einen eminenten Einfluss auf die Raumstruktur haben kann. Krugmans Zwei-Regionenfall weist damit nach, dass sich sowohl multiple Gleichgewichte (gleichmäßige Verteilung der Produktion) wie auch eine vollständige Konzentration infolge der Änderung raumprägender Parameter ergeben können.

²¹³ Vgl. Krugman (1992), S. 33.

²¹⁴ Neary (2001) erbringt hierfür einen formalen Beweis.

3.3.1.4 Analytik und Modifikation der Modelltheorie

Das Grundmodell von Krugman ist auch unter verschiedenen Aspekten kritisiert worden. So wird bezweifelt, dass ein schockartiger Übergang zum Kern-Peripherie-Muster tatsächlich empirisch auftritt. Realistischer sei dagegen eine graduelle Veränderung.²¹⁵ Auch müssten Deglomerationskräfte (typisch auftretende urbane Kosten wie höhere Mieten oder Grundstückspreise, Pendlerkosten usw.) stärker modelltheoretisch einbezogen werden.²¹⁶ So nimmt etwa Helpman eine Modifikation vor, dass auch knapper Wohnraum Berücksichtigung findet.²¹⁷ Hanson überprüft dabei Helpmans Ansatz mit Hilfe einer Marktpotenzialfunktion und bekräftigt mit plausiblen Schätzwerten die empirische Relevanz.²¹⁸ Gleichzeitig ist jedoch zu erwähnen, dass eine pauschale Betrachtung als zu vereinfacht erscheint. Dadurch würden nämlich die zentripetalen Kräfte und damit die Wirkung der Konzentration selbst nicht unerheblich überschätzt.²¹⁹ Ein weiterer Kritikpunkt bezieht sich darauf, dass das Krugman-Modell nur mit numerischen Techniken gelöst werden kann. Ottaviano et al. können jedoch zeigen, dass die modelltheoretischen Ansätze mit wenigen Änderungen der Annahme auch analytisch lösbar sind.²²⁰ Dazu werden beispielsweise Modifikationen hinsichtlich des Einsatzes der mobilen Arbeitskräfte in den Unternehmen vorgenommen²²¹

Auch lassen sich die theoretischen Ansätze der Neuen Ökonomischen Geographie in die Stadtökonomik integrieren. Gleichzeitig können für den (vereinfachten) Zwei-Regionen-Fall raumstrukturelle Anpassungsprozesse auf Industrieebene nachvollzogen werden. Nach Fujita und Mori sind hieraus Erklärungsansätze für die Bildung industrieller Cluster abzuleiten.²²² Die Modelltheorie zeigt damit auf, dass sich Konzentrationsprozesse insbesondere über zwei Kanäle bilden können. Zum einen über die Mobilität von qualifizierten Arbeitskräften, zum anderen über industrielle Verflechtungen. Beide Mechanismen bedingen sich letztlich gegenseitig.²²³

²¹⁵ Vgl. Ottaviano, Puga (1998); Puga (2001).

²¹⁶ Vgl. Tabuchi, Thisse (2006).

²¹⁷ Vgl. Helpman (1998).

²¹⁸ Vgl. Hanson (2000).

²¹⁹ Vgl. Ottaviano, Thisse (2004).

²²⁰ Vgl. Ottaviano, Tabuchi, Thisse (2002).

²²¹ Vgl. Baldwin, Forslid, Martin, Ottaviano, Robert-Nicoud (2003); Forslid, Ottaviano (2003).

²²² Vgl. Fujita, Mori (2005).

²²³ Vgl. Puga (1999).

3.3.2 Stadtökonomische Theorie – Raumwirtschaftliche Effizienz nach Duranton²²⁴

Als theoretischer Bezugspunkt für die Erklärung stadtökonomischer Systeme dienen die modelltheoretischen Arbeiten von Alonso, Mills und Muth (AMM-Modell).²²⁵ Die Ansätze greifen im Hinblick auf die Variation verschiedener ökonomischer Parameter (Landrente, Bodennutzung, Pendlerkosten usw.) vorwiegend die innere Struktur von Stadtsystemen auf. Brueckner weist zwar auf wenige Limitationen in der Analytik hin²²⁶, dennoch bekräftigen Spivey und Mills die Robustheit des Modells im Hinblick auf die Einwohnerdichte und die zu realisierenden Renten.²²⁷ Die Stoßrichtung des AMM-Modells bezieht sich zwar auf innerstädtische Zusammenhänge. Gleichwohl ist der gedankliche Ansatz elementar für das Verständnis der kausalen Wirkung von Verkehrsinfrastruktur und der polyzentrischen Wirtschaftsstruktur. Auf dem AMM-Modell aufbauend und der damit verbundenen innerstädtischen Untersuchung von Bodenpreisen und Pendlerdistanzen untersucht Henderson die Beziehung der Städte zueinander. Im Blickpunkt stehen dabei insbesondere die jeweiligen Strukturen der Sektoren und Einkommensniveaus.²²⁸ Mit Hilfe des Ansatzes und einer entsprechenden Parametervariation können im Hinblick auf Stadtgrößen, Stadtstrukturen und Stadtsysteme wichtige Implikationen für die Politik abgeleitet werden.

3.3.2.1 Monozentrischer Ansatz

In Anlehnung an Alonso, Mills und Muth unterstellt Duranton die Modellannahme einer monozentrischen Stadt.²²⁹ Abbildung 4 veranschaulicht, dass die Bewohner zu der sich im Stadtkern befindlichen Arbeitsstätte pendeln und den Bruttolohn (ω) beziehen. Dabei gelingt es den mobilen Arbeitskräften, eine Agglomerationsrente zu erzielen. Diese definiert sich durch den Reallohn- bzw. Nutzenüberschuss. Alle Stadtbewohner haben eine identische Leistungseinheit zur Verfügung, die sie in irgendeiner Weise in Anspruch nehmen können. Für den regelmäßigen Aufenthaltsort zahlt der Pendler eine endogen bemessene Landrente $R(x)$. Dieser Betrag ist für den Bodeneigentümer als fiktive Pacht, für den Pächter als Pacht zu verstehen. Natürlich hängt die Bodenrente vom wirtschaftlichen Wert des Gebietes ab. Weiterhin nimmt der Pendler für die Entfernung zur Arbeitsstätte (x) Pendlerkosten (τ) pro Distanzeinheit auf sich. Außerhalb der Stadt wird der Grund landwirtschaftlich genutzt. Die Landrente geht dort asymptotisch gegen null. Damit entspricht der Bruttolohn für Beschäftigte außerhalb der Stadt dem Nettoeinkommen ($\tilde{\omega}$). Im Gleichgewicht einer Stadt passt sich die Landrente so an, dass Beschäftigte über alle Orte hinweg indifferent sind. Damit ist das Nettoeinkommen am Standort (x) in der jeweiligen Stadt auf $\omega - 2\tau x - R(x) = \tilde{\omega}$ zu bemessen.²³⁰ Die Differenz $\omega - R(x)$ ist das zu verteilende Einkommen. Das Produkt $2\tau x$ sind die totalen Pendlerkosten.

²²⁴ Die Ausführungen beziehen sich auf folgende Beiträge: Duranton (2007, 2008); Duranton, Turner (2007, 2008, 2011); Duranton, Puga (2004); Krugman (1980, 1991a, 1991b, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1998); Krugman, Obstfeld (1994); Krugman, Venables (1995); Venables (1996); Henderson (1974, 1988).

²²⁵ Vgl. Alonso (1964); Mills (1967, 1972); Muth (1969).

²²⁶ Defizite im analytischen Kontext sind beispielsweise die Grundannahmen der monocentric city oder das identische Einkommen aller Stadtbewohner, vgl. dazu auch Brueckner (1987).

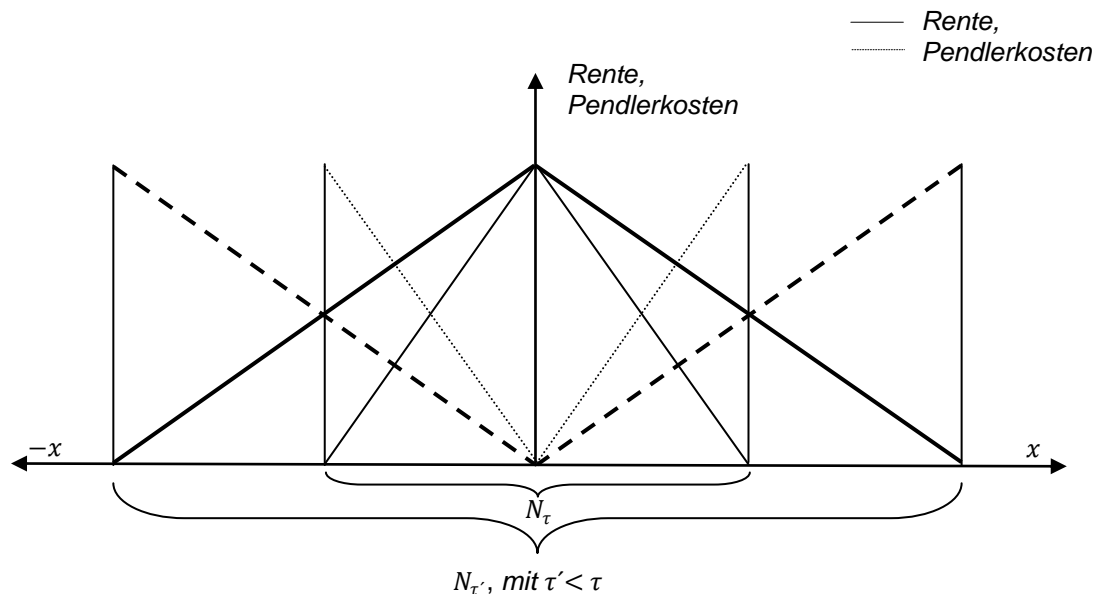
²²⁷ Vgl. Spivey (2008), S. 295; Mills (2000).

²²⁸ Vgl. Henderson (1974, 1988).

²²⁹ Vgl. Duranton, Turner (2007), S. 4. Näher auch nachzulesen in Fujita (1989).

²³⁰ Starke Parallelen ergeben sich dabei zur Theorie der Thünenschen Kreise. Die konzentrischen Kreise (Isotimen) ergeben eine Zonierung der Landnutzung im Hinblick auf Gewinnmaximierung. Danach wachsen die Transportkosten mit zunehmender Entfernung zum (Stadt-)Zentrum.

Abbildung 4
Monozentrische Stadt mit linearen Transportkosten



Quelle: Duranton, Turner (2007), S. 4.

Die Darstellung schlüsselt den Zusammenhang zwischen den Transportkosten und der Bevölkerung auf. Im Gleichgewicht führen fallende Pendlerkosten zu einer größeren Stadt. Auch Landrente und Bevölkerung stehen in direkter Beziehung zueinander. Dabei rückt zwar zunächst die Bevölkerung in den Blickpunkt. Im Folgenden wird jedoch deutlich, dass sich ein direkter Zusammenhang zur Lohnsumme nachweisen lässt. Das Modell gibt aber neben den Erklärungsansätzen für die Preisentwicklung auch weitere Implikationen hinsichtlich der jeweiligen Nachfrage. Die Bevölkerungsdichte nahe dem Stadtzentrum ist wesentlich höher als in entlegeneren Gebieten. Im Umkehrschluss zeigt sich damit eine größere Zahlungsbereitschaft der Stadtbewohner, da in Zentrumsnähe die Grundstückspreise höher sind. Diese Beobachtung macht zugleich die Relevanz des relativen Attraktivitätsmaßes deutlich. Der aufgezeigte Zusammenhang belegt im Übrigen, dass sinkende Mobilitätskosten zu einer flächenmäßigen Ausdehnung von Siedlungsgebieten führen können, wodurch auch Suburbanisierungsprozesse und steigendes Pendleraufkommen erklärt werden können. Haushalte nehmen demzufolge höhere Kosten des Pendelns auf sich, sofern sich diese durch die geringeren Wohnkostenbelastungen kompensieren lassen. Außerdem ist es möglich, aus dem Modell Schlüsse zu ziehen, die auf unterschiedliche Bevölkerungsgruppen und deren präferierten Wohngebieten hindeuten.²³¹

Vereinfachend ist also festzuhalten: Räumliche Ballung und damit wachsende Städte führen zu niedrigeren Pendlerkosten und einem größeren Arbeitskräfteangebot. Damit ergibt sich die Möglichkeit, Angebot und Nachfrage nach Arbeitskräften schneller auszugleichen. Die Ballung von Wissen und Humankapital führt auch zu steigenden Löhnen.²³² Ausgehend vom mono-

²³¹ Vgl. Glaeser (2007).

²³² Vgl. Duranton, Puga (2004).

zentrischen Ansatz wenden Ogawa und Fujita den Zusammenhang auf die polyzentrische Modellstruktur an und untersuchen explizit die räumliche Ballung von qualifizierten Arbeitskräften.²³³ Der ganze Sachverhalt deutet nur ansatzweise die Komplexität der Abgrenzung reiner Agglomerations-, Pendler- und Einkommenseffekte an.²³⁴ Anas und Moses haben im theoretischen Kontext auf Basis des AMM-Modells die Entwicklung der Pendlerkosten, der raumwirtschaftlichen Struktur und der Landkosten unter Berücksichtigung verschiedener Verkehrsträger im AMM-Modell untersucht. Ihre Ergebnisse machen deutlich, dass sowohl Bodenpreise als auch Bevölkerungsdichte abnehmen, je weiter entfernt Verkehrsinfrastruktur „verfügbar“ ist.²³⁵ Baum-Snow erweitert den modelltheoretischen Ansatz von Anas und Moses um die Verfügbarkeit verschiedener Technologien. Die Ergebnisse lassen darauf schließen, dass stärkere Ansiedlungsprozesse insbesondere in Autobahnnähe zu beobachten seien. Verkehrsinfrastruktur kann damit suburbanisierend wirken.²³⁶

3.3.2.2 Polyzentrischer Ansatz

Aus stadtökonomischen Überlegungen sind wichtige Implikationen für die wirtschaftliche Entwicklung einer Region abzuleiten.²³⁷ In Anlehnung an Hendersons und Durantons modelltheoretische Ansätze sind Entwicklungsprozesse von Stadtstrukturen oder -systemen anhand der ökonomischen Determinanten städtische Größe, Bevölkerung oder Beschäftigung und Einkommen auch graphisch nachzuvollziehen.²³⁸

a.) Verkehrsinfrastruktur und stadtökonomische Wohlfahrt

In der regionalökonomischen Literatur wird ein starker Zusammenhang zwischen der Stadtgröße und dem Bruttolohn bzw. der Produktivität nachgewiesen.²³⁹ So ergibt sich aus der Untersuchung von Sveikauskas, dass die Arbeitsproduktivität bei Verdoppelung der Stadtgröße um durchschnittlich 6 % steigt.²⁴⁰ Rosenthal und Strange erhalten für die USA das Resultat, dass ein 10-prozentiger Anstieg der Stadtgröße (in absoluter Bevölkerung gemessen) durchschnittlich zu einer Steigerung des städtischen Bruttolohns zwischen 0,3 und 0,9 Prozent führt. Dies gilt für bereits entwickelte wie auch für noch zu entwickelnde Märkte.²⁴¹ Effekte dieser Größenordnung lassen sich auch für Brasilien²⁴² und Korea²⁴³ nachweisen. Diese Entwicklung begründet sich insbesondere durch die Externalitäten, also mitunter auch durch das regional vorzufindende Humankapital, die Übertragung von Wissen, die mögliche Diffusion und die

²³³ Vgl. Ogawa, Fujita (1980); Fujita, Ogawa (1982); Anas, Kim (1996); Lucas, Rossi-Hansberg (2002).

²³⁴ Vgl. Duranton, Turner (2007), S. 5.

²³⁵ Vgl. Anas, Moses (1979).

²³⁶ Vgl. Baum-Snow (2007b).

²³⁷ Ein Überblick wird in Rosenthal, Strange (2004) gegeben.

²³⁸ Vgl. Henderson (1974). Die wirtschaftliche Entwicklung wird zumeist mit diesen Determinanten beschrieben, vgl. auch Berechman (1995); Forkenbrock (1990).

²³⁹ Vgl. Ciccone (2002).

²⁴⁰ Vgl. Sveikauskas (1975).

²⁴¹ Vgl. Rosenthal, Strange (2004); Combes, Duranton, Gobillon, Roux (2008b).

²⁴² Vgl. Henderson (1988).

²⁴³ Vgl. Henderson, Lee, Lee (2001).

dadurch bewirkte Produktivität.²⁴⁴ Bei Steigerungen der Marktpreise – etwa von zu exportierenden Gütern – verschiebt sich die Lohnfunktion tendenziell nach oben, bei Preissteigerungen des Kapitals dagegen nach unten. In Abbildung 5 wird deutlich, dass die Steigung der Bruttolohnkurve die Intensität des Städtewachstums widerspiegelt.

Es ist dabei anzumerken, dass die Einkommen der Wohnbevölkerung innerhalb von Städten auch stark divergieren können. So beobachteten Glaeser, Kahn und Rappaport, dass insbesondere inmitten der Städte die Armutsrate höher ist als außerhalb des Zentrums. Dies heißt nach Glaeser nicht, dass die Leute infolge des Zuzugs in den Stadtkernen verarmen, sondern vielmehr, dass das Zentrum eine besondere Attraktivität für arme Bevölkerungsschichten mit sich bringt. Als einer der Hauptgründe kann dabei mit Sicherheit die unmittelbare Anbindung an das Verkehrsinfrastrukturnetz angeführt werden.²⁴⁵

Die Lebenshaltungskosten weisen einen ähnlichen quantitativen Verlauf auf. Je größer die Stadt ist, desto höher sind die Kosten der Lebenshaltung (Abbildung 5). Dies gilt insbesondere für Grundstücks- und Mietpreise wie auch für Pendlerkosten. Letztere stehen dabei wiederum in starker Abhängigkeit zum Verkehrsinfrastrukturnetz.²⁴⁶ Auch dieser Zusammenhang ist plausibel. Je höher das Preisniveau für Grund und Boden steigt, desto weiter vom Stadtzentrum entfernt siedelt sich die Bevölkerung an. Neben dem zunehmenden inner- und außerstädtischen Verkehr steigen aufgrund der größeren Entfernungen auch die (in Zeit bemessenen) Opportunitätskosten. Zugleich ist jedoch auch anzumerken, dass sich der Aufwand des Pendelns mit einem effizienten Verkehrsinfrastrukturausbau verringert. Pflüger und Südekum legen nahe, dass sich Agglomerationen über einen größeren Transportkostenbereich einstellen werden, je stärker ausgeprägt die steigenden Skalenerträge wie auch der Industriesektor sind und je schwächer der Anteil der Haushalte ist.²⁴⁷ Die Effekte auf die Lebenshaltungskosten spiegeln damit zusätzlich soziale Bedingungen wider.²⁴⁸ In der Literatur werden Elastizitäten im Bereich zwischen 0,2 und 0,3 ermittelt.²⁴⁹ Es zeigt sich zudem, dass die Lebenshaltungskosten zunächst schwach und ab einem (in Abhängigkeit der Bevölkerungszahl stehenden) Grenzpunkt fast dramatisch ansteigen.²⁵⁰ Die Ergebnisse von Timmins deuten sogar darauf hin, dass die Lebenshaltungskosten bis zu einem bestimmten Grenzpunkt mit steigender Bevölkerungszahl fallen würden, ab dann hingegen stark ansteigen.²⁵¹ Allgemein lässt sich festhalten, dass die Lebenshaltungskosten tendenziell dann höher liegen, wenn Städte ineffizient groß werden oder Städte geringerer Größe nur über ein vergleichsweise schwach ausgebautes Infrastrukturnetz verfügen.

Der Nettolohn ergibt sich aus der Differenz des Bruttolohns und den Kosten der Lebenshaltung und spiegelt den Nutzen der Akteure wider. Abbildung 5 veranschaulicht den Zusammenhang. Die Nettolohnkurve steigt mit zunehmender Stadtbevölkerung bis zu einem (Pseudo-)Optimum an. Bis zu diesem Maximum muss demnach die Produktivitätskurve stärker ansteigen als die Kurve der Lebenshaltungskosten. Nach Erreichen des Maximums fällt der Nettolohn dagegen

²⁴⁴ Vgl. Jacobs (1969); Eaton, Eckstein (1997); Black, Henderson (1999); Bertinelli, Black (2004); Rossi-Hansberg, Wright (2007).

²⁴⁵ Vgl. Glaeser, Kahn, Rappaport (2008).

²⁴⁶ Vgl. Thomas (1980).

²⁴⁷ Vgl. Pflüger, Südekum (2005), S. 38.

²⁴⁸ Vgl. Button (1993).

²⁴⁹ Vgl. Henderson (2002a).

²⁵⁰ Vgl. Thomas (1980); Henderson (1988).

²⁵¹ Vgl. Timmins (2006).

wieder stark ab. In der ökonomischen Literatur wird dieser Verlauf ebenfalls bestätigt.²⁵² In diesem Zusammenhang ist jedoch auch die Arbeit von Au und Henderson zu erwähnen. Deren Untersuchungsergebnisse zufolge verläuft die Nettolohnkurve nach dem Erreichen des Optimums flach weiter.²⁵³ Dies würde dann implizieren, dass unter Annahme perfekter Mobilität die Städte überdimensional groß werden dürften. Dieser Befund ist jedoch haltlos: In einer kleineren Stadt wären die Kosten dann nämlich wesentlich höher als in völlig überbevölkerten Stadtgebieten.

Zusätzlich ist die inverse Arbeitsangebotskurve miteinzubeziehen, deren Steigung den Grad der Mobilität deutlich macht (Abbildung 5). Ein vertikaler Verlauf definiert bei gegebener Bevölkerungsgröße vollständige Immobilität. Ein horizontaler Verlauf des Arbeitsangebots ergibt sich dagegen bei perfekter Mobilität. Hinsichtlich des Kurvenverlaufs lassen sich empirisch elastische Zusammenhänge nachweisen. So zeigt beispielsweise da Mata mit den durchschnittlichen Werten zwischen 2 und 3 einen elastischen Zusammenhang zwischen der Bevölkerung und dem Einkommen für Städte in Brasilien auf.²⁵⁴ Es ist festzuhalten, dass die Verschiebung der Kurve im Wesentlichen von der städtischen und der außerstädtischen Attraktivität abhängt.²⁵⁵ Dazu zählen neben den klimatischen Gegebenheiten insbesondere die Bedingungen auf den lokalen Arbeitsmärkten wie auch die Lebensstandards in den umliegenden ländlichen Gebieten.²⁵⁶ Sie ist umso niedriger anzusetzen, je attraktiver die Städte sind.²⁵⁷ Je höher der Lohn hingegen in der Peripherie steigt, desto höher liegt wiederum der Achsenabschnitt. Dieser Zusammenhang wird ebenfalls in der Empirie bestätigt. Der Verlust des in der Stadt zu erzielenden Nettolohns wird hingegen durch die städtische Attraktivität überkompensiert.²⁵⁸

²⁵² Vgl. da Mata, Deichmann, Henderson, Lall, Wang (2007); Au, Henderson (2006a).

²⁵³ Vgl. Au, Henderson (2006b).

²⁵⁴ Vgl. da Mata, Deichmann, Henderson, Lall, Wang (2007).

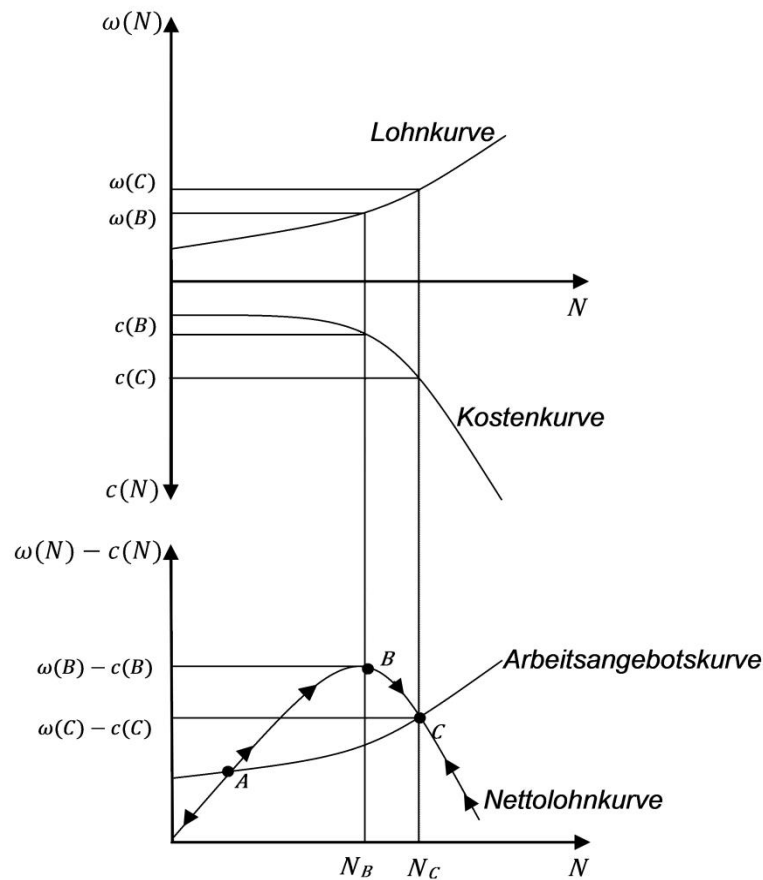
²⁵⁵ Vgl. Ravallion, Wodon (1999).

²⁵⁶ Vgl. Barrios, Bertinelli, Strobl (2006).

²⁵⁷ Vgl. da Mata, Deichmann, Henderson, Lall, Wang (2007).

²⁵⁸ Zu beachten sind beispielsweise Wohn-, Umwelt- wie auch Freizeitwerte, vgl. dazu Knop (1984), S. 21.

Abbildung 5
Lohnentwicklung in der polyzentrischen Struktur



Quelle: Duranton (2008), S. 5.

Im Punkt *B* ergibt sich der Nettolohn bei optimaler städtischer Produktivität. Der Wendepunkt lässt sich durch den progressiven Anstieg der Kosten erklären. Ein unterhalb dieses Maximums liegender Nettolohn spiegelt städtische Ineffizienzen wider.²⁵⁹ Ein instabiles Gleichgewicht ergibt sich im Punkt *A*. Dieses erklärt sich dadurch, dass im Falle eines negativen Populationsschocks der Nettolohn dramatisch abfällt. Ein kleiner positiver Schock in der Bevölkerung führt dagegen zu einem Anstieg des Nettolohns. Die Stadt wird dabei mit einem höheren Nettolohn für weitere Beschäftigte attraktiver. Diese Entwicklung vollzieht sich bis zum stabilen Gleichgewicht im Punkt *C*. Dabei pendelt sich innerstädtisch die gleichgewichtige Bevölkerung in Höhe von N_C ein. Es wird deutlich, dass durch unterschiedliche Einkommens- und Lebenshaltungskurven unterschiedliche Stadtgrößen darzustellen sind. Bei einem niedrigeren Bruttolohn verschiebt sich die Nettolohnkurve nach unten. Dies führt wiederum zu einer kleineren gleichgewichtigen Stadtgröße.²⁶⁰

Verkehrspolitische Maßnahmen können für die stadtökonomische Wohlfahrt eine überragende Bedeutung einnehmen. Lakshmanan und Anderson zeigen dazu einen Kausalzusammenhang auf, inwieweit eine effiziente Verkehrsinfrastrukturpolitik direkt oder indirekt Einfluss auf die

²⁵⁹ Vgl. Au, Henderson (2006a).

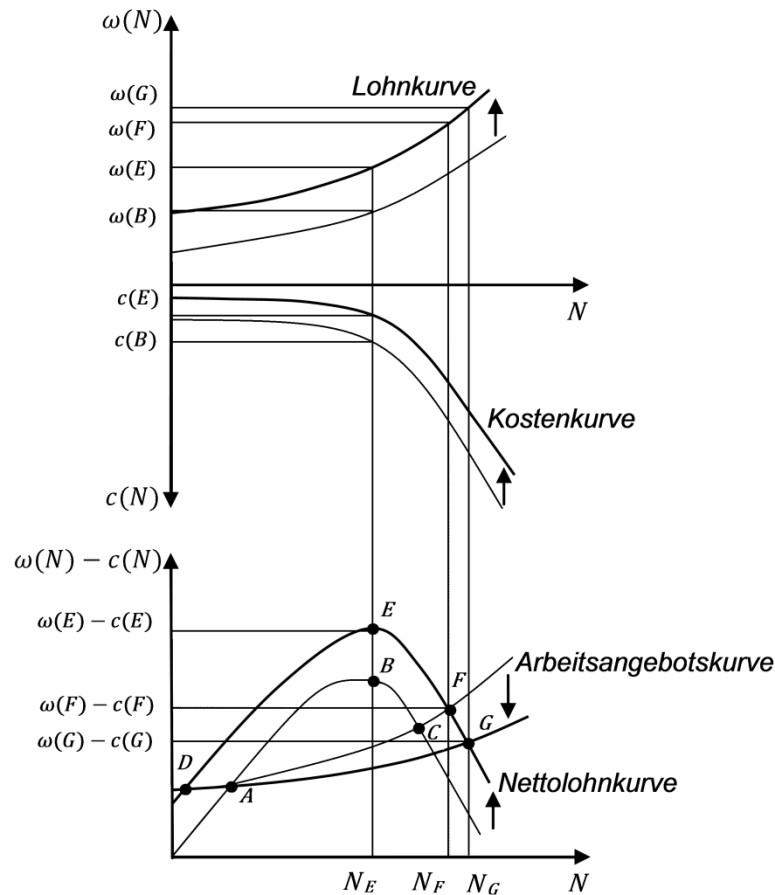
²⁶⁰ Vgl. Duranton (2007).

wirtschaftliche Entwicklung nehmen kann: Demnach führen Verkehrsinvestitionen und dadurch bewirkte verbesserte Transportbedingungen unmittelbar zu Zeitersparnissen, wodurch sich wiederum Opportunitätskosten einsparen lassen. Gleichzeitig kann die Zuverlässigkeit gesteigert werden. Innovationsstrategien können näher identifiziert werden, um mit neuen Techniken und Diensten bereits vorhandene Kapazitäten zu steigern. Dadurch gelingt es, Ineffizienzen und in der Folge regionsspezifische Grenzproduktivitätsunterschiede abzubauen. Die Effekte entschärfen dadurch das interregionale Wohlstandsgefälle. Außerdem verursacht der Ausbau des Verkehrsinfrastrukturnetzes positive Effekte auf den vermehrten Handel. Zudem vergrößert sich der räumliche Arbeitsmarkt, wodurch ein verbesserter Wissensaustausch gelingt. Innovationsimpulse und Wissenserschließung können die Diffusion verstärken. Die Marktexpansion und der Wettbewerb führen zugleich zu Vorteilen in der Größendegression, wodurch gleichzeitig Agglomerationseffekte verstärkt werden. Die dadurch erhöhte Produktivität bewirkt wiederum ein höheres lokales Einkommensniveau. So bedingt eine Ausweitung des Verkehrsnetzes ein besseres Arbeitsangebot. Zusätzlich kann der Abbau von Mobilitätsbarrieren einen verstärkten Marktein- und -austritt von Unternehmen bewirken. Damit gelingt wiederum eine Ausweitung der Produktion, wodurch zusätzlich effiziente Strukturwandlungsprozesse eingeleitet werden.²⁶¹ Die Zusammenhänge schlüsseln damit auf, dass Verkehrsinvestitionen starke positive Wohlfahrtseffekte bewirken können. Die hier aufgezeigten Interaktionen lassen aber zugleich vermuten, dass die Relevanz für das Lohnsummen- und Beschäftigungswachstum entscheidend vom Produktivitätseffekt abhängen dürfte.

Die gesamtwirtschaftlichen Effekte von Verkehrsinvestitionen können auch graphisch nachvollzogen werden (Abbildung 6). Es zeigt sich, dass höhere Löhne oder geringere Lebenshaltungskosten zu einem Anstieg des Nettolohns führen. Das Maximum ist dabei im Punkt *E* zu sehen. Aus dem Verlauf der Arbeitsangebotskurve ergibt sich zunächst das neue stabile Gleichgewicht im Punkt *F*. Durch die bewirkten Beschäftigungseffekte verschiebt sich zusätzlich die flacher werdende inverse Arbeitsangebotskurve tendenziell nach unten. Dadurch stellen sich zwei Effekte ein. Einerseits wird die regionale Attraktivität gesteigert. Andererseits kann im Punkt *G* ein stabiles Gleichgewicht für eine höhere Bevölkerungszahl erreicht werden.

²⁶¹ Vgl. Lakshmanan, Anderson (2002); Meade (1955).

Abbildung 6
Wohlfahrtsökonomische Zusammenhänge



Quelle: Duranton (2008), S. 11.

Die Abbildung macht deutlich, dass Städte hinsichtlich der Nettolohnentwicklung ab dem Grenzpunkt E ineffizient werden. Ansiedlungsprozesse können demnach sehr wohl Wohlfahrtsminderungen zur Folge haben. Diese Problematik ist insbesondere in Großstädten zu beobachten. Wirtschaftspolitisch bieten sich damit zwei Handlungsoptionen. Der Ansiedlungs- und damit Verstädterungsprozess könnte ab dem Punkt E gestoppt werden. Dies hätte jedoch negative Wohlfahrtseffekte zur Folge. Bei einem Zuzug in andere (bereits bestehende größere) Städte würden sich die dortigen Lebenshaltungskosten eklatant erhöhen. Zusätzlich würden sich in den ländlichen Gebieten die Löhne mindern. Im Gegensatz dazu sind hingegen positive Wohlfahrtseffekte durch die Schaffung weiterer Zentren zu realisieren.²⁶² Dazu sind strategische Ansätze auszuarbeiten, um Neuansiedlungen zu fördern. Die Notwendigkeit des Ausbaus des Infrastrukturnetzes wird damit wieder evident. Die Bevölkerungszahl würde in ländlichen Regionen sinken. Die Löhne steigen infolgedessen sowohl in den Städten als auch in den peripheren Gebieten. Wegen der Wohlfahrtsgewinne in den außerstädtischen Gebieten

²⁶² Vgl. Henderson, Venables (2006).

wird die (städtische) Arbeitsangebotskurve nach oben verschoben. Die stadtoökonomische Effizienz könnte sich dann nahe dem Punkt *E* einstellen. Es wird damit deutlich, dass durch das Verkehrsnetz sowohl Urbanisierungs- als auch Suburbanisierungsprozesse einzuleiten sind.

b.) Die Bedeutung der Verkehrsinfrastruktur im nationalen Maßstab

Die vorangegangenen Zusammenhänge können auch auf die nationale Untersuchungsebene übertragen werden.²⁶³ Damit ist in Anlehnung an Duranton modelltheoretisch zu erklären, inwieweit der Ausbau des Verkehrsinfrastrukturnetzes die Einkommensniveaus unterschiedlich großer Städte beeinflussen kann.²⁶⁴ Folgende Entwicklungsphasen sind zu beobachten: Mit zunehmender Erschließung des Verkehrsinfrastrukturnetzes verschärfen sich zunächst die nationalen Divergenzen. Nehmen die Transportkosten weiterhin ab, gleichen sich die Einkommen jedoch wieder einander an, wodurch ein konvergenter Prozess eingeleitet wird.

Neben dem in Kapitel 3.3.1.1 aufgezeigten Kern-Peripherie-Modell sind zusätzlich folgende Annahmen mit einzubeziehen: Aufgrund von städtischen Spezialisierungsvorteilen existieren Produktionsexternalitäten. Diese entstehen durch die Vorwärts- und Rückwärtskopplungen zwischen den Unternehmen. Weiterhin ist die Bindung des Faktors Arbeit am jeweiligen Standort zu unterstellen. Im Abschnitt 3.3.1.3 werden Konzentrationsprozesse nachgewiesen, sobald die Transportkosten unter ein kritisches Niveau fallen. Im vorliegenden Fall ist hingegen die Arbeit immobil. Damit treten zwischen den Städten Lohndifferenzen auf. Zusätzlich ist zu unterstellen, dass sich die Ökonomie ausschließlich durch deindustrialisierte Kleinstädte und industrialisierte Großstädte definiert. Zwar wird das Modell dadurch stark vereinfacht, jedoch kann die ökonomische Bedeutung des Verkehrsinfrastruktursystems besser plausibilisiert werden.

Angenommen, die Transportkosten sind zunächst sehr hoch.²⁶⁵ Nach Combes ist diese Annahme insbesondere für ökonomisch schwächere Gebiete zutreffend.²⁶⁶ Die Standortwahl richtet sich dann nach den größtmöglichen Absatz- und Beschaffungsgebieten und den dadurch zu realisierenden Gewinnen. Aufgrund der hohen Handelskosten erfolgt die Produktion in kleineren (deindustrialisierten) Städten weitestgehend eigenständig und unabhängig. Handelstheoretische Überlegungen lassen darauf schließen, dass sich zwar in der Produktion keine Spezialisierungsmuster herauskristallisieren können. Dennoch steigen die Preisindizes wegen des schwachen Güteraustauschs und des geringeren Wettbewerbsdrucks. Das Einkommensniveau ist damit zunächst relativ hoch. Es ist festzuhalten, dass die Produktivität in den entlegenen deindustrialisierten Kleinstädten verhältnismäßig schwach ist. Gründe hierfür

²⁶³ Vgl. Venables (1993); Krugman, Venables (1995); Fujita, Krugman, Venables (1999); Combes, Mayer, Thisse (2008c). Stadttheoretische Überlegungen mithilfe regionalökonomischer Ansätze sind durchaus plausibel. Nach Böventer können damit Interaktionen zwischen Ländern, Regionen, aber auch Unternehmen erklärt werden, vgl. Böventer (1988), S. 409 ff.

²⁶⁴ Interessant ist dies insbesondere dann, wenn das Mobilitätsverhalten von Arbeitskräften nur defizitär vorhanden ist, wie es beispielsweise in den Ländern oder Regionen der Europäischen Union der Fall ist, vgl. Braunerhjelm, Faini, Norman, Ruane, Seabright (2000).

²⁶⁵ Hohe Transportkosten führen im Produktionsbereich zu niedrigeren Löhnen. Zugleich lassen sich verbrauchsseitig höhere Lebenshaltungskosten nachweisen, vgl. Fujita, Mori (2005).

²⁶⁶ Vgl. Combes, Duranton, Overman (2005).

sind mitunter in den hohen Kosten des Transports, den damit geschwächten Standort- und Handelseffekten und der mangelnden städtischen Attraktivität zu sehen.²⁶⁷

In Anlehnung an Fernald ist nun zu unterstellen, dass die Kosten des Transports durch den Ausbau des Verkehrsinfrastrukturnetzes sinken.²⁶⁸ Ab dem in Kapitel 3.3.1.3 beschriebenen Schwellenwert setzt der regionale Differenzierungsprozess ein. Großstädte bieten dann aufgrund ihrer größeren Absatzgebiete attraktivere Märkte für Kleinstädte. Die Produktion weitet sich damit aus, dennoch kann vorerst nur ein geringer Anteil des Zuwachses exportiert werden.²⁶⁹ Nach Krugman und Venables können damit die Bruttolöhne in den Großstädten steigen, während sie hingegen in den Kleinstädten fallen. Transportkosten nehmen zudem starken Einfluss auf die Lebenshaltungskosten. In entlegenen Kleinstädten liegen etwa Grundstückskosten auf einem wesentlich niedrigeren Preisniveau, dennoch sind die noch dominierenden Konsumgüterpreise aufgrund der Importe verhältnismäßig hoch. Im nationalen Maßstab zeichnet sich damit zunächst eine divergente Struktur ab.²⁷⁰

Sinken die Transportkosten dagegen weiter, so nimmt die Bedeutung der Vorwärts- und Rückwärtskopplungen ab. Den Produzenten in den industrialisierten Zentren bieten sich die Vorteile der niedrigeren Löhne in den zunächst noch deindustrialisierten Kleinstädten. Die städtischen Lohnniveaus nähern sich damit wieder einander an. Gleichzeitig weitet sich die innerstädtische Konsumgüterproduktion mit zunehmender Stadtgröße aus. Damit gleichen sich die Preise der Faktoren wieder an. Mit sinkenden Importen fallen demnach auch die Preisindizes. Die Lebenshaltungskosten können dadurch wieder gesenkt werden. Dies löst einen konvergenten Prozess aus. In dieser Entwicklungsphase wird die wechselseitige Interdependenzbeziehung zwischen Verkehrsinfrastruktur und dem Wirtschaftswachstum evident. Mit dem Ausbau des Verkehrsnetzes und der Transportkostensenkung nimmt der Nachteil entlegener Kleinstädte ab.²⁷¹ Die Verkürzung der Aktionsradien erlaubt die effizientere Ausnutzung von Standortvorteilen.²⁷² Im Laufe der Zeit bildet sich wiederum eine wechselseitige Koppelung zwischen Unternehmens- und Transportnetzwerken.²⁷³ Günstige Bodenpreise wie auch geringere Löhne bilden für Produzenten starke Anreizmechanismen, die Industrieproduktion in Kleinstädte zu verlagern. Die verstärkte Ausnutzung von *economies of scales* kann zu qualitativen Verbesserungen der Produkte führen. Zusätzlich ergeben sich durch die Senkung der Transportkosten direkte Produktivitätseffekte, indirekte dagegen durch die effizientere Verteilung der Faktoren Arbeit und Kapital.²⁷⁴ Ein direkter Zusammenhang ist dabei zwischen den Beschäftigungseffekten und der Bruttolohnentwicklung nachzuweisen. Insbesondere ist in Kleinstädten ein Anstieg der Lohnsumme erkennbar.²⁷⁵ Hinsichtlich des Kostenverlaufs ist jedoch festzuhalten, dass ab einer bestimmten Stadtgröße wieder eklatante Steigerungen der Preisindizes

²⁶⁷ Vgl. Krugman (1998), S. 37 ff.; Brückl, Molt (1996), S. 25 f.; Hey, Pfeiffer, Topan (1996), S. 41 ff.

²⁶⁸ Vgl. Fernald (1999).

²⁶⁹ Vgl. Krugman (1998), S. 46 ff.

²⁷⁰ Vgl. Krugman, Venables (1995), S. 7 f.

²⁷¹ Vgl. Forslund, Johannson (1995), S. 157.

²⁷² Vgl. Abbas, Bell (1994).

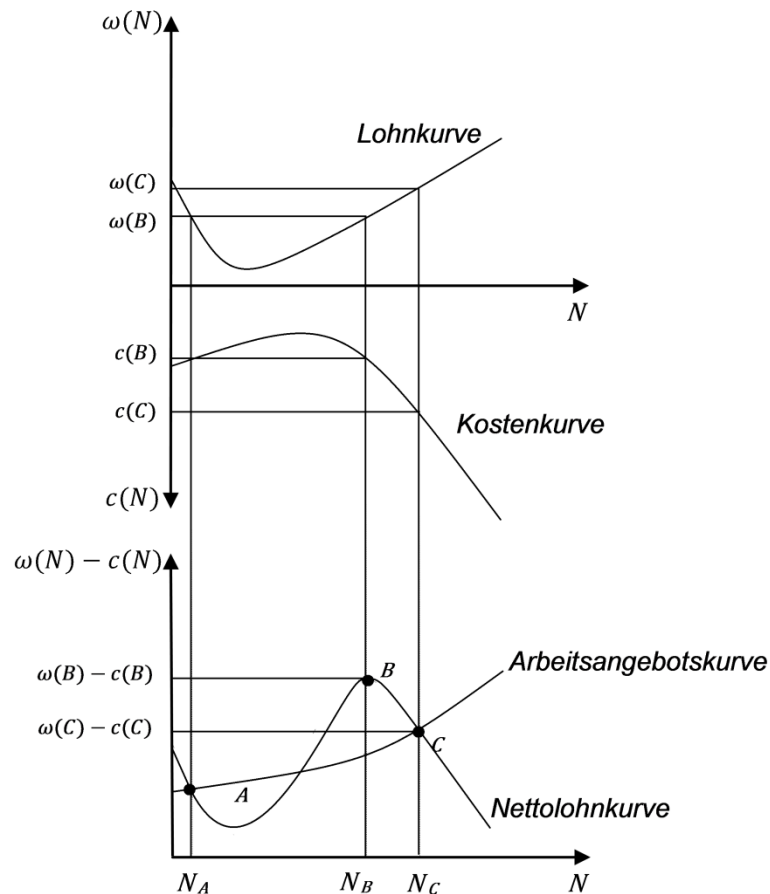
²⁷³ Vgl. Wegener (1995), S. 157; Lian (1996). Rietveld (1995) geht in diesem Zusammenhang auf die temporären Wirkungen von Verkehrsinfrastruktur ein.

²⁷⁴ Vgl. Cuatanda, Paricio (1994).

²⁷⁵ Bei einem Ausbau des Verkehrsinfrastruktursystems sind jedoch auch Sättigungseffekte nachzuweisen. So könnten Transportverbesserungen vereinzelt zu keinen Beschäftigungseffekten führen. Dies hängt insbesondere auch von regionsspezifischen, ökonomischen und politischen Indikatoren ab, vgl. Bröcker (1996). Auch schließt Rieder (1999/2) eine zwangsläufige Erhöhung von Wohlstand und Einkommen für alle Regionen aus.

verursacht werden können. Abbildung 7 veranschaulicht nochmals den sich ergebenden Divergenz- und Konvergenzprozess.

Abbildung 7
Divergenz und Konvergenz in räumlicher Perspektive



Quelle: Duranton (2008), S. 24.

In drei Abschnitte unterteilt, weist die Nettolohnkurve zunächst einen Abfall (Abschnitt I), dann einen Anstieg (Abschnitt II) und wiederum einen Abfall auf (Abschnitt III).²⁷⁶ Abschnitt I zeigt auf, dass die Bruttolöhne stärker fallen als die Kosten der Lebenshaltung. Der zweite Abfall (Abschnitt III) macht deutlich, dass Städte ab einem bestimmten Niveau wegen der stark steigenden Kosten ineffizient groß werden können. Die Schnittpunkte zwischen der inversen Arbeitsangebots- und der Nettolohnkurve definieren zwei stabile Gleichgewichte für sehr kleine Städte (Punkt A) und Großstädte (Punkt C). Im dazwischenliegenden Bereich ergeben sich hingegen Instabilitäten. Die optimale Stadtgröße ist nach wie vor im Punkt B zu sehen.

Der empirische Gehalt der theoretischen Zusammenhänge wird in der Studie von Schlömer deutlich. Dabei wird die Bevölkerungsentwicklung von Ost- und Westdeutschland im Zeitraum von 2000 bis 2020 untersucht. Die Ergebnisse legen in den Ballungsräumen des Westens

²⁷⁶ Abschnitt I und II bilden dabei die sogenannte U-These ab. Puga bekräftigt den empirischen Gehalt dieses U-Verlaufs. Dabei weist er insbesondere auf die Arbeit von Hanson hin, vgl. Puga (1999); Hanson (1998).

einen Bevölkerungsrückgang von einem Prozent nahe. In gleicher Höhe ergibt sich ein Zuwachs in den peripheren Gebieten. Für die dazwischen liegenden Regionen lassen sich dagegen keine Veränderungen nachweisen. Im Gegensatz dazu lässt sich für Ostdeutschland ein Bevölkerungszuwachs von sechs Prozent in den zentralen Räumen beobachten, während sich in den übrigen Regionen ein Rückgang von etwa zehn Prozent ergibt.²⁷⁷

c.) Integration der wirtschaftsgeschichtlichen Zusammenhänge

Aus der Analyse wird deutlich, dass unregulierte Märkte zu Überagglomerationen tendieren. Aus rein wohlfahrtsökonomischer Sicht werden viele Großstädte ineffizient groß, Kleinstädte dagegen können bestenfalls nur noch stagnieren. Der Einsatz regionalpolitischer Instrumentarien könnte dann durchaus gerechtfertigt sein. Wohlfahrtsökonomisch positiv zu bewerten sind Maßnahmen, die der Vermeidung einzelner Konzentrationserscheinungen auf Kosten großflächiger Entleerungstendenzen dienen.²⁷⁸ Die Reduzierung der Einwohnerzahl in Ballungsgebieten ist der Öffentlichkeit wohl nicht zu vermitteln und politisch kaum durchsetzbar. Effektiver dagegen ist das Mittel des verstärkten Ausbaus der inter- und intraregionalen Infrastruktur und der damit verbundenen Ausnutzung von Agglomerationseffekten.²⁷⁹ Der gleichmäßige Ausbau des Verkehrsnetzes (vielleicht begünstigt durch die Zersplitterung Deutschlands), aber auch wirtschaftspolitische Maßnahmen wie beispielsweise die Schaffung der Fluchtliniengesetze im 19. Jahrhundert haben einen bedeutenden Beitrag zur Entwicklung der polyzentrischen Raumstruktur geleistet. Allein durch die Fluchtlinienfestsetzungen ist es der Politik gelungen, Ansiedlungsprozesse in suburbanen Räumen und damit auch in Kleinstädten zu forcieren. Schon damals war zu erkennen, dass die regionale Verteilung der Bevölkerung in starker Abhängigkeit zur Verfügbarkeit von Verkehrsanbindungen steht. Das Verkehrsnetz bedingt also mit seiner urbanisierenden wie auch suburbanisierenden Wirkung die Funktionalität einer gleichwertigen Raumstruktur.²⁸⁰ Im Blickpunkt steht somit die städtische Nähe zueinander.²⁸¹ Durch die gleichwertige Raumerschließung konnte zudem die Intensität des Wachstums der Großstädte relativiert werden, wodurch sich auch die divergente Entwicklung entschärfen ließ. Durch die polyzentrische Entwicklung gelingt es also, die intraregionalen Einkommen durch die mögliche Kompensation etwaiger Produktivitätsnachteile anzugleichen. Aus den theoretischen Ansätzen könnte sich also die Hypothese ableiten lassen, dass sich in Deutschland ohne die gleichgewichtige infrastrukturelle Raumerschließung wesentlich mehr Großstädte auf Kosten von vielen Kleinstädten entwickelt hätten. Der Ausbau des Verkehrsnetzes hatte also insbesondere für unterentwickelte, periphere Regionen eine enorme wirtschaftliche Bedeutung. Mit Sicherheit muss in diesem Fall am Vorleistungscharakter festgehalten werden.²⁸² Grundsätzlich lässt sich dabei jedoch der Rückschluss ziehen, dass es sich weniger um monokausale Zusammenhänge als um wechselseitige Einflüsse und Abhängigkeiten gehandelt hat.

²⁷⁷ Vgl. Schlömer (2004), S. 11 ff; Eckey, Kosfeld, Muraro (2009), S. 2.

²⁷⁸ Vgl. Pflüger, Südekum (2005).

²⁷⁹ Diese theoretischen Schlussfolgerungen können nach Duranton auch durch empirische Befunde belegt werden, vgl. Lall, Koo, Chakravorty (2003); da Mata, Deichmann, Henderson, Lall, Wang (2005); Deichmann, Kaiser, Lall, Shalizi (2005).

²⁸⁰ Zu den Investitions-, Erreichbarkeits- und Wachstumseffekten, vgl. Berechman (1994).

²⁸¹ Vgl. El-Agraa (1989).

²⁸² Vgl. Hartwig (2005).ö

d.) Wirtschaftspolitische Implikationen

Aus den vorangegangenen Ausführungen wird deutlich, dass mit geeigneten Instrumentarien durchaus Einfluss auf die Höhe wie auch auf den Verlauf der Bruttolöhne und Lebenshaltungskosten zu nehmen ist. Regionalpolitisch ist also weiterhin der Handlungsauftrag darin zu sehen, ohne jegliche Investitionslenkung oder einen in irgendeiner Weise anzunehmenden Dirigismus Suburbanisierungsprozesse zu forcieren. Dies gelingt dadurch, dass gleichwertige industrielle Clusterstrukturen geschaffen werden, wodurch der Güter- und Wissensaustausch zu intensivieren und Spezialisierungsvorteile zu realisieren sind. Kleinstädte könnten sich durch die verstärkte Teilhabe an der Clusterbildung entwickeln, wodurch Kern-Peripherie-Muster relativiert und ökonomisch nicht gerechtfertigte Entwicklungen von räumlichen Konzentrationen entschärft werden könnten. Auch wird empirisch belegt, dass aus wohlfahrtsökonomischer Sicht eine disperse Siedlungs- und Beschäftigungsstruktur zu verfolgen ist.²⁸³ In regionalökonomischer Sicht nähern sich die Einkommen durch die Kompensation der Produktivitätsnachteile wieder an, wodurch sich Marktattraktivitäten ausgleichen können. Die gleichwertige multizentrale Entwicklung ist insofern von Bedeutung, weil sich (sich zumeist verselbständigende) Abwanderungsprozesse – etwa von Hochqualifizierten – negativ auf das Lohn- bzw. Wohlstandsniveau der zurückbleibenden Individuen in den peripheren Gegenden niederschlagen würden. In diesem Zusammenhang ist aber auch festzuhalten, dass entlegene Regionen erst nach einer Phase der Divergenz profitieren können. Es muss also zunächst eine gewisse Marktgröße bzw. -attraktivität erreicht werden, damit sich Einkommenssteigerungen und positive wohlfahrtsökonomische Effekte auf gesamtwirtschaftlicher Ebene abzeichnen.²⁸⁴ Das Modell stützt dabei die Behauptung, dass im Ausbau des Verkehrsinfrastrukturnetzes ein effektives strategisches Instrumentarium zu sehen ist, Einkommensdisparitäten abzubauen und interregionale Ausgleichssysteme zu schaffen.²⁸⁵ Auch wenn eine nahezu flächenübergreifende verkehrsinfrastrukturelle Erschließung ganzer Regionen in Deutschland gegeben ist, so ist mit einem gezielten Ausbau den Überlastungen von Fahrabschnitten in einzelnen Gebieten oder Korridoren entgegenzuwirken. Die Höhe der Transportkosten, die durch den qualitativen Netzausbau gewonnene Marktnähe und Marktattraktivität, die damit verbundenen Allokations- bzw. Distributionsveränderungen und die (effiziente) Übertragung intra- und interregionaler Spillover-Effekte nehmen dabei eine Schlüsselfunktion ein.²⁸⁶

²⁸³ Vgl. Giuliano (1991), S. 309; Sultana (2000).

²⁸⁴ Vgl. Südekum (2002). Selbst wenn es einzelne Verlierer auf dem Markt gibt, so können nach dem Wohlfandskriterium nach Kaldor und Hicks alle Marktteilnehmer durch Einkommenstransfers besser gestellt werden.

²⁸⁵ Vgl. auch Summers (1991), S. 46.

²⁸⁶ Vgl. Aberle (1997). In diesem Zusammenhang sind Anselins Ergebnisse zu erwähnen, wonach die Grenze der Übertragung universitärer Wissensspillover bei 75 Meilen, dagegen privater Forschungsspillover bei 50 Meilen liegt, vgl. Anselin (1997), S. 15. Diese Ergebnisse werden auch von Zucker bestätigt, vgl. Zucker (1998), S. 290 ff. Zur verbilligenden Wirkung von Transportverbesserungen, vgl. McKinnon (1996). Zu den Effekten der Verkehrsinfrastruktur auf die räumliche Entwicklung, vgl. Vickerman (1994).

3.4 Bewertung der theoretischen Ansätze

Die modelltheoretischen Überlegungen zeigen komplexe und teilweise ambivalente Beziehungen zwischen dem Verkehrsnetz und der wirtschaftlichen Entwicklung auf. Die Wirkungsmechanismen sind dabei sehr unterschiedlich. Gemäß der *neoklassischen Wachstumstheorie* weisen Investitionen in den Infrastrukturbereich abnehmende Grenzerträge auf. Wirtschaftswachstum ist dann einerseits durch die Vermehrung der Faktoren, andererseits durch die Zunahme der Effizienz des Produktionsprozesses zu erklären. In der *neuen Wachstumstheorie* müssen Grenzerträge nicht zwangsläufig abnehmen. Als entscheidende Faktoren dienen dabei die endogene Technologie wie auch das Kapital, wobei letzteres sämtliche Formen von Wissenskapital einschließen kann. Letzteres ist wiederum durch Austausch beeinflusst, womit der Verkehrsinfrastruktur eine möglicherweise wichtige Rolle zuwächst. In den *regional- und stadtökonomischen Ansätzen* wird gezeigt, wie mit Hilfe des Verkehrsinfrastrukturnetzes Einfluss auf die Raumstruktur genommen werden kann. Niedrige Transportkosten – verursacht durch den Ausbau des Verkehrsnetzes – führen zu einer gleichwertigen Agglomerationsbildung, solange sie unter einem kritischen Niveau bleiben. Durch die von Krugman aufgezeigten zirkulär wirkenden Kräfte können sich diese Effekte selbst verstärken, wobei das Ergebnis der dynamischen Entwicklung von historischen Gegebenheiten abhängig ist. Gleichzeitig ist festzuhalten, dass die Einkommensniveaus wie auch die Lebenshaltungskosten in Abhängigkeit zur Größe der Stadt stehen. Auf gesamtwirtschaftlicher Ebene ist dann ein höheres Wohstandsniveau zu erreichen, wenn Agglomerationsvorteile (Arbeitsmärkte, Siedlungen, zugeschnittene Infrastruktur) flächenübergreifend und gleichmäßig zu nutzen sind. Die regional- und stadttheoretischen Ansätze stehen also einerseits im Widerspruch zur Theorie der Neoklassik, wonach sich marktmäßige Einkommenskonvergenzen auch ohne Politikinterventionen begründen lassen.²⁸⁷

Von hoher Bedeutung ist die Frage, ob Verkehrsnetzausbau als ein Instrumentarium gesehen werden kann, mit dem sich regionale Einkommensdisparitäten ausgleichen lassen. Einerseits ist verbesserte Erreichbarkeit der Kunden ein Vorteil für die Produzenten in der jeweiligen Region. Andererseits sinken dabei aber auch die Kosten einer Belieferung durch Produzenten an anderen Standorten. Der Nettoeffekt ist unklar und bedarf einer empirischen Analyse.

Während die endogenen Wachstumsmodelle ihren Schwerpunkt auf das Humankapital und die Wissensübertragung legen, erklären die Neue Ökonomische Geographie wie auch die Stadtökonomie mit Hilfe von *economies of scales* und Externalitäten die regionale Marktattraktivität im Raum.

Selbst wenn verschiedene Grundmotive aufgezeigt werden, so macht nicht die alternative, sondern vielmehr die kumulative Betrachtung der Erklärungsansätze die verkehrsinfrastrukturelle Bedeutung für die wirtschaftliche Entwicklung deutlich. An den empirischen Teil der Arbeit sind also folgende Anforderungen zu stellen: Zum einen sind die theoretischen Ansätze auch analytisch zu überprüfen. Zum anderen ist nachzuvollziehen, inwieweit sich im Hinblick auf die zu berücksichtigende Äquivalenz derselben Modellierungen die Mechanismen der (multiplen) Kausalwirkungen und -richtungen nachweisen lassen.

²⁸⁷ Der Konvergenzprozess lässt sich demnach insbesondere durch Freihandel und Faktormobilität begründen, vgl. Bröcker (1994), S. 34 f.

4 Empirische Studien: Makro-Ansätze zur Bestimmung der Kausaleffekte

Die Politik leitet ihre Handlungsaufträge zumeist aus der Grundüberlegung ab, welche Wirkung der Rückbau, Erhalt oder Ausbau von Infrastrukturen auf das Produktivitäts- und Wirtschaftswachstum haben. Mit Blick auf die wirtschaftliche Entwicklung werden im Folgenden Studien vorgestellt, mit denen auf Basis von Produktionsfunktionsansätzen die wirtschaftliche Bedeutung von Infrastruktur überprüft werden kann. Wegen der Schwierigkeiten in der Datenerhebung werden dabei zumeist die öffentlichen Investitionen als Inputvariable für die Verkehrsinfrastruktur definiert. In Vorbereitung des in Kapitel 5 folgenden empirischen Teils ist es sinnvoll, die in der bisherigen Literatur gewählte Methodik nachzuzeichnen.²⁸⁸ Die Gliederung folgt dabei den in den Untersuchungen unterstellten Aggregationsebenen. Im Anschluss daran werden die sogenannten Quasi-Produktionsfunktionen näher untersucht. Explizit werden jeweils die Verwendung von Produktionsfunktionen und die ökonometrische Vorgehensweise in Bezug auf die oben stehende Fragestellung näher diskutiert.

4.1 Produktionsfunktionsansätze mit aggregierten Datensätzen

Im Rahmen von Output- und produktivitätsorientierten Schätzansätzen finden in der ökonomischen Literatur häufig Produktionsfunktionsansätze Verwendung. Mit Hilfe dieser Modelle können die Elastizitäten der Inputfaktoren ermittelt werden. Klassische (einfache) Produktionsfunktionsansätze werden in der neoklassischen Wachstumstheorie mit den Produktionsinputs Technologie, Arbeit und Kapital formuliert. Der zusätzliche Inputfaktor des öffentlichen Kapitals umfasst dabei die Höhe des öffentlichen Infrastrukturkapitalstocks bzw. die Investitionen in den Infrastruktursektor. Es bietet sich somit an, den Faktor Kapital in das private und öffentliche Kapital zu untergliedern, wobei letzteres nochmals in die materielle und immaterielle Infrastruktur klassifiziert werden könnte.²⁸⁹ Damit wird ermöglicht, den Beitrag des öffentlichen Kapitals für die wirtschaftliche Entwicklung zu quantifizieren. Das Grundmodell kann folgendermaßen formuliert werden,²⁹⁰

$$Y_t = c_t L_t^\alpha K_{P,t}^\beta K_{G,t}^\varphi.$$

Der Zusammenhang zeigt auf, dass der Output (Y_t) in direkter zeitlicher Abhängigkeit (t) zu den Inputfaktoren Arbeit (L_t^α), privatem Kapital ($K_{P,t}^\beta$) und öffentlichem Kapital ($K_{G,t}^\varphi$) steht. Zusätzlich ist die totale Faktorproduktivität (c_t) zu berücksichtigen. Auch dieser Parameter kann das Investitionsvolumen im öffentlichen Sektor beeinflussen.²⁹¹ Für die ökonometrische Schätzung wird der Zusammenhang logarithmiert,

$$\ln Y_t = \ln c_t + \alpha \ln L_t + \beta \ln K_{P,t} + \varphi \ln K_{G,t}.$$

²⁸⁸ Vgl. Goodwin (2001); Bertenrath, Thöne, Walther (2006); Munnell (1992); Gramlich (1994); Romp, de Haan (2007); Pereira, Andrzej (2010).

²⁸⁹ Vgl. Jochimsen (1966).

²⁹⁰ Dieser Ansatz wird in einer Vielzahl von Studien aufgegriffen. Der Infrastruktursektor wird dabei dem öffentlichen Kapitalstock zugeschrieben, vgl. Banister, Berechman (2000); Rietveld, Bruinsma (1998).

²⁹¹ Vgl. Tatom (1993).

Die Wertschöpfung nimmt jedoch nur dann zu, sofern der Infrastrukturausbau eine (mögliche) Minimierung anderer Inputs auch überkompensieren kann.²⁹² Durch die Ableitung nach den jeweiligen Faktoren lassen sich auch Substitutions- und Komplementäreffekte ermitteln.

Eine in der ökonomischen Literatur häufig erwähnte Arbeit ist Aschauers Regressionsanalyse. Gemäß der neoklassischen Theorie liegt dem Ansatz die Annahme zugrunde, dass Infrastrukturinvestitionen auf den gesamtwirtschaftlichen Kapitalstock wirken und dadurch wirtschaftliches Wachstum generieren. Mit Hilfe einer logarithmierten Cobb-Douglas-Produktionsfunktion konnte ein positiver Zusammenhang zwischen dem Output und dem Einsatz öffentlicher Investitionen nachgewiesen werden. Die Elastizitäten wurden auf Werte zwischen 0,24 und 0,39 beziffert. Als Untersuchungsgebiet dienten die USA (ohne Hawaii und Alaska) im Zeitraum von 1969 bis 1989. Die Grundannahme des Ansatzes ist, dass die Arbeitsproduktivität eine positive Funktion des regionalen Verkehrsnetzes ist. Aschauer schätzt den Einfluss des öffentlichen Kapitals auf die totale Faktorproduktivität und die Kapitalproduktivität. Als ökonometrischen Befund für den Effekt auf die totale Faktorproduktivität wurde ein Wert von 0,39 ermittelt. Dabei hat das öffentliche Infrastrukturkapital einen signifikanten Einfluss. Für den Koeffizienten hinsichtlich öffentlicher Investitionen (Bau der Kerninfrastruktur wie Autobahnen, Nahverkehr, Flughäfen, Strom-, Wasser- und Gasnetzwerke) wird eine Outputelastizität von 0,24 nachgewiesen. Da der Anteil der sogenannten Kerninfrastruktur 55 Prozent des gesamten Infrastrukturstocks (ohne Militär) beträgt, ist dieser überwiegend für die Entwicklung verantwortlich. Eine Aufschlüsselung der Kerninfrastruktur in die Komponenten der verschiedenen Transportmodi nimmt Aschauer jedoch nicht vor.²⁹³

Holtz-Eakin, Munnell²⁹⁴, Duggal et al., Ford und Poret wie auch Finn und Eisner bekräftigen Aschauers Ergebnisse, indem sie auf aggregierter Ebene ähnlich hohe ökonometrische Effekte nachwiesen.²⁹⁵ Attaray wie auch Finn spezifizierten den Ansatz insofern, dass das öffentliche Kapital berücksichtigt wurde, das unmittelbar für den Verkehrssektor (Autobahnen) Verwendung fand. Die Schätzwerte wurden auf 0,25 und 0,16 beziffert.²⁹⁶ Schon im Jahre 1988 nahm Holtz-Eakin eine für folgende Arbeiten wichtige Differenzierung vor. Während auf aggregierter Ebene (*federal level*) ein Schätzwert von 0,39 ermittelt wurde, ergab sich auf disaggregierter Ebene (*state level*) eine Outputelastizität von 0,23.²⁹⁷ In nachfolgenden Studien wurden dann wesentlich niedrigere Schätzwerte gefunden. Dabei wurde zugleich auf Defizite früherer Arbeiten in der Methodik wie auch im ökonometrischen Vorgehen hingewiesen.²⁹⁸

²⁹² Auch könnte das öffentliche Kapital als reiner Verkehrskapitalstock und das gesamte restliche Kapital als Restkapitalstock modelliert werden. Die Verkehrsinfrastruktur dabei als kostenlos zur Verfügung stehender Produktionsfaktor gesehen, vgl. Stephan (1997). In diesem Zusammenhang ist die Studie von Meade aufzugreifen. Danach ist eine Modellierung der Verkehrsinfrastruktur als Produktionsfaktor nicht zwingend. Öffentliche Inputgüter haben dabei auf die private Produktion eine ähnliche Wirkung wie der technische Fortschritt. Sie schaffen für die private Produktion ein entsprechendes Umfeld. Die Wirkungskanäle auf den Output sind damit ähnlich, vgl. Mead (1952); Sturm, Kuper, de Haan (1998).

²⁹³ Vgl. Aschauer (1989a, 1989b, 1989c).

²⁹⁴ Dabei hat auch Munnell zwischen dem öffentlichen Kapitalbestand und der Kerninfrastruktur unterschieden, wonach der Kerninfrastruktur der wesentlich höhere Beitrag zuzuschreiben wäre. Dies zeigt auf, wie sich die Arbeiten in den frühen 1990er Jahren an Aschauers Studien orientierten, vgl. Munnell (1990).

²⁹⁵ Vgl. Holtz-Eakin (1988); Munnell (1990); Duggal, Saltzman, Klein, (1999); Ford, Poret (1991); Finn (1993); Eisner (1991, 1994).

²⁹⁶ Vgl. Attaray (1988); Finn (1993).

²⁹⁷ Vgl. Holtz-Eakin (1988).

²⁹⁸ Vgl. Jorgenson (1991); Tatom (1991); Eisner (1991); Finn (1993); Holtz-Eakin (1993, 1994); Sturm, de Haan, (1995); Gramlich (1994); Hurst (1995).

4.1.1 Interdependenzen

Zunächst stellt sich das Problem der beidseitigen Kausalität. Bisher wurde modelltheoretisch unterstellt, dass öffentliche Investitionen als exogene Variable auf den endogen bestimmten Output geschätzt werden. Auf die umgekehrte Kausalrichtung machten Eisner wie auch Hulten und Schwab aufmerksam, indem sie explizit darauf hinwiesen, dass in stärkerem Maße der Output dazu veranlassen würde, die Wirtschaft mit öffentlichem Kapital auszustatten.²⁹⁹ Mudge zeigt in diesem Zusammenhang auf, dass in Aschauers Studie wie auch in nachfolgenden Untersuchungen ausschließlich ein monokausaler Verlauf (Verkehr bewirkt Wirtschaftswachstum) unterstellt wurde. Interdependenzbeziehungen zwischen Verkehr und Wirtschaftswachstum oder sogar die Annahme, dass die wachsende Wirtschaft zu weiteren Investitionen in den Verkehr veranlasst, würden hingegen völlig ausgeblendet. Gleichzeitig weist er jedoch darauf hin, dass die Bestimmung der Wechselwirkungen eine der großen Schwierigkeiten in der makroökonomischen Forschung darstellt.³⁰⁰ Ein unterstellter Ursache-Wirkungszusammenhang stellt jedoch eine zu starke Vereinfachung dar³⁰¹, die im Ergebnis zu einer nicht unwesentlichen Überschätzung der Ergebnisse führen kann.³⁰² Mehrere Autoren versuchten diesem Problem zu begegnen, indem methodisch Panelanalysen³⁰³ oder Instrumentvariablenschätzungen³⁰⁴ durchgeführt wurden. Die Ergebnisse deuten auf Wechselwirkungen zwischen dem öffentlichen Kapital und dem Output hin.³⁰⁵ Die Stärke der Kausalrichtung und -wirkung hängt dabei von dem Vorhandensein weiterer Produktionsfaktoren, insbesondere von der regionalen Infrastrukturausstattung und der historischen Entwicklung ab. Zudem wirken öffentliche Investitionen und private Faktoren komplementär. Eberts und Fogarty legen gleichzeitig eine beidseitige Kausalität zwischen den privaten Investitionen und dem öffentlichen Kapital nahe.³⁰⁶ Im Ergebnis stimmen die Autoren darin überein, dass keine einheitliche Kausalrichtung nachzuweisen ist. Vielmehr treten zwischen den zu identifizierenden Variablen Wechselwirkungen auf.

4.1.2 Stationarität der Daten

In diesem Zusammenhang ist auch auf das stochastische Problem der nichtstationären Daten einzugehen. Die Schwierigkeiten kommen insbesondere in den früheren Ansätzen von Holtz-Eakin oder Evans und Karras zum Tragen.³⁰⁷ Die Schätzwerte waren trotz der Signifikanz und des hohen Bestimmtheitsmaßes weitestgehend unbrauchbar. Die Ursache dieses Problems liegt im Wesentlichen in den gemeinsamen Trends der Datenreihen, wenn also Mittelwerte und Varianzen über die Zeit konstant bleiben.³⁰⁸ Aaron wie auch Finn wiesen nach Bildung von ersten Differenzen Outputelastizitäten von 0,09 bis 0,27 wie auch 0,16 nach.³⁰⁹ Damit finden sie empirische Evidenz, dass Infrastruktur – im Vergleich zu Aschauers Schätzwer-

²⁹⁹ Vgl. Eisner (1991); Hulten, Schwab (1991a, 1991b, 1993).

³⁰⁰ Vgl. Mudge (1996).

³⁰¹ Vgl. McKinnon (1996), S. 19.

³⁰² Vgl. Bröcker (1996), S. 14 ff.

³⁰³ Vgl. Canning, Bennathan (2000); Canning, Pedroni (1999).

³⁰⁴ Vgl. Calderón, Servén (2003); Finn (1993); Cutanda, Patricio (1994).

³⁰⁵ Für Kausalitätsanalysen können Verzögerungsintervalle in statistische Tests eingebracht werden. Sobald Signifikanzen zwischen den Variablen trotz der Verzögerungen auftreten, kann auf Kausalität geschlossen werden.

³⁰⁶ Vgl. Eberts, Fogarty (1987).

³⁰⁷ Vgl. Holtz-Eakin (1994); Evans, Karras (1994).

³⁰⁸ Vgl. Granger, Newbold (1974); Granger (1981).

³⁰⁹ Vgl. Aaron (1990); Finn (1993).

ten – einen geringeren Einfluss auf die wirtschaftliche Entwicklung hat. Um die stochastischen Probleme in Aschauers Arbeit nachzuweisen, überführte Tatom dessen Ansatz in stationäre Daten. Dabei konnten keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den In- und Outputvariablen nachgewiesen werden.³¹⁰ Dieses Ergebnis wurde auch von anderen Autoren gestützt.³¹¹ Aufgrund dessen machten neben Hulten und Schwab auch andere Autoren deutlich, dass die Bildung von ersten Differenzen zu unplausiblen Schätzungen führe.³¹² Als Alternative schlägt Munnell vor, statt eines Ansatzes in ersten Differenzen eine Kointegrationsbeziehung zwischen Input (Infrastruktur) und Output (BIP) zu schätzen.³¹³ Insbesondere ist festzuhalten, dass durch die Bildung von ersten Differenzen die Identifikation eines Langfristzusammenhangs zwischen den Variablen nicht möglich ist.³¹⁴

4.1.3 Das Spezifikationsproblem

Auch wurden Spezifizierungsprobleme in früheren Modellen nachgewiesen. So wurden Determinanten gänzlich vernachlässigt, die in irgendeiner Weise Agglomerationswirkungen oder Technologiebestände kennzeichnen. Um die Probleme der Modellspezifizierungen näher zu plausibilisieren, griffen Autoren neuerer Studien explizit Aschauers Ansatz auf, um entsprechende Differenzierungen vorzunehmen. Tatom wie auch Ram und Ramsey berücksichtigten beispielsweise zusätzlich eine Energiepreisvariable,³¹⁵ Aaron den Wechselkurs von Yen in Dollar.³¹⁶ In allen Fällen konnte die Signifikanz der Koeffizienten nachgewiesen werden. Dies weist auch auf Fehlspezifikation in früheren Schätzansätzen hin.³¹⁷ Das Analyseverfahren der gesamtwirtschaftlichen Produktionsfunktion deutet an, dass Ansätze mit regionaler Differenzierung den Anforderungen der räumlichen Tiefe eher gerecht werden. Munnell führt beispielsweise den Nachweis für die USA, dass der Einfluss in verschiedenen Regionen aufgrund einzelner Spezifika durchaus variieren kann. Durch die Berücksichtigung stark aggregierter Datensätze werden also regionale Heterogenitäten fast vollständig ausgeblendet.³¹⁸ Um die Veränderungen der räumlichen Erreichbarkeiten auf die wirtschaftliche Entwicklung nachzuvollziehen, ist auf regionale Produktionsfaktoren abzustellen.³¹⁹

4.1.4 Ökonometrische Befunde

In der folgenden Tabelle sind Outputelastizitäten einiger ausgewählter Studien ersichtlich. Überwiegend lag der Fokus bezüglich der Outputvariablen auf dem Bruttoinlandsprodukt. Es zeigt sich damit, dass bisher auf internationaler Ebene kaum Schätzungen hinsichtlich der

³¹⁰ Vgl. Tatom (1991).

³¹¹ Vgl. Harmatuck (1996); Sturm, De Haan (1995).

³¹² Vgl. Hulten (1991b); Sturm, De Haan (1995).

³¹³ Vgl. Munnell (1992).

³¹⁴ Vgl. Bauer, Fertig, Schmidt (2009).

³¹⁵ Vgl. Tatom (1991); Ram, Ramsey (1989). In diesem Zusammenhang ist zu erwähnen, dass Duggal die Verwendung der Energiepreise für einen Produktionsfunktionsansatz ablehnt. Sinnvoller wäre dagegen, Energiepreise als reinen Kostenfaktor in einer Nachfragefunktion zu berücksichtigen, vgl. Duggal, Saltzman, Klein (1999).

³¹⁶ Vgl. Aaron (1990).

³¹⁷ Vgl. Bröcker (1996), S. 14 ff.; Garcia-Milà, McGuire, Porter (1996).

³¹⁸ Vgl. Stephan (2001), S. 3 ff.

³¹⁹ Vgl. Munnell (1993).

durch die Verkehrsinfrastruktur bewirkten Beschäftigungseffekte durchgeführt wurden. Die folgende Übersicht beschränkt sich zunächst auf Untersuchungen mit hoch aggregierten Datensätzen für die USA. Als Infrastrukturvariable dienen zumeist öffentliche Investitionen. Attaray und Finn spezifizieren die Inputs, indem sie sich auf Verkehrsinvestitionen bezogen. Zu berücksichtigen ist, dass unterschiedliche Untersuchungszeiträume unterstellt wurden. Methodisch fanden fast ausschließlich (logarithmierte) Cobb-Douglas-Funktionen Anwendung.

Tabelle 1
Ökonometrische Befunde auf aggregierter Ebene

Autor und Studie	Zeitraum	Spezifikation	Outputelastizität
Aaron (1990)	1951 – 1985	C-D; log; $\Delta\log$	0,09 – 0,27
Aschauer (1989a)	1949 – 1985	C-D; log	0,34; 0,24
Aschauer (1989c)	1966 – 1985	C-D; $\Delta\log$	0,34 – 0,73
Attaray (1988)	1950 – 1985	C-D; log	0,25
Duggal et al. (1999)	1960 – 1989	C-D; log	0,27
Eisner (1994)	1961 – 1991	C-D; log	0,23
Finn (1993)	1950 – 1989	C-D; $\Delta\log$	0,16
Ford and Poret (1991)	1969 – 1989	C-D; $\Delta\log$	0,29 – 0,33
Holtz-Eakin (1988)	1950 – 1985	C-D; log	0,39; 0,23
Hulten and Schwab (1991b)	1949 – 1985	C-D; log; $\Delta\log$	0,03
Munnell (1990)	1963 – 1988	C-D; log	0,34; 0,49
Tatom (1991)	1949 – 1989	C-D	0,04

Quelle: Eigene Zusammenstellung.³²⁰

In der ökonomischen Literatur zeigt sich, dass die Wachstumsrelevanz von Verkehrsinvestitionen infolge der Überarbeitung des ökonometrischen Vorgehens und der damit verbundenen Ausdifferenzierung der Modellspezifika tendenziell abnimmt. Je mehr Inputfaktoren verwendet werden, desto stärker relativiert sich der Einfluss der öffentlichen Investitionen. Die ermittelten Elastizitäten machen deutlich, dass die Ergebnisse – auch im internationalen Vergleich – stark variieren können.³²¹ Die Heterogenität der einzelnen Resultate kann aber auch auf die Tatsache zurückzuführen sein, dass für die Analysen unterschiedliche, zum Teil sogar sehr kurze Untersuchungszeiträume zugrunde gelegt werden. Damit ist festzuhalten, dass die hohe Aggregationsebene für den oben aufgezeigten Untersuchungsauftrag problematisch ist.

4.2 Produktionsfunktionsansätze und regionale Datensätze

In späteren Untersuchungen wurde dann auch der verstärkte Bezug zu endogenen Wachstumsmodellen hergestellt. Zum oben stehenden Ansatz könnte dann zusätzlich das Humankapital (H) berücksichtigt werden. Der Zusammenhang wird somit um die personelle Infrastruktur erweitert.³²² Damit wird ermöglicht, dass auch die Wissensspillover entsprechende Berücksichtigung finden. Der Inputfaktor steigert das Produktionsniveau auf ein höheres Niveau. Das Humankapital als Ausfluss des privaten Sektors und das öffentliche Kapital stehen

³²⁰ Siehe dazu auch Pereira, Andraz (2010).

³²¹ Für Spanien, vgl. Bajo-Rubio, Sosvilla-Riviero (1993). Für Portugal, vgl. Ligthart (2002).

³²² Vgl. Jochimsen, Gustafsson (1977), S. 37 ff.

limitational zueinander. Zwischen diesen beiden Inputs können damit keine Substitutionen wirken.³²³ Die regionale Differenzierung bezüglich des Faktors Wissen scheint von Bedeutung zu sein³²⁴, da Wissenskapital in einigen peripheren Regionen aufgrund der zunehmenden Verstädterung und des damit bewirkten Zuzugs von Hochqualifizierten knapper wird.³²⁵ Der logarithmierte Funktionsansatz mit regionalem Bezug (*i*) kann damit folgendermaßen beschrieben werden,

$$\ln Y_{i,t} = \ln c_t + \alpha \ln L_{i,t} + \beta \ln K_{i,p,t} + \varphi \ln K_{i,g,t} + \varepsilon \ln H_{i,t}.^{326}$$

Durch die Ausweitung der Zahl der erklärenden Variablen wird das Modell methodisch verfeinert. Zugleich entsteht aber dadurch auch verstärkt das Problem der Multikollinearität, so dass die statistische Signifikanz der Effekte negativ beeinflusst wird. Grundsätzlich werden mit dem Ansatz zwei Wirkungskanäle für das langfristige wirtschaftliche Wachstum zugrunde gelegt. Einerseits wirken öffentliche Investitionen über externe Effekte auf das private Kapital. Andererseits finden das Humankapital und die erwähnten Spillovers als zusätzlicher Produktionsfaktor Berücksichtigung.

Berechman liefert mit den Ergebnissen seiner Studie den expliziten Nachweis, dass der Einfluss der Infrastruktur auf disaggregierter Untersuchungsebene abnimmt. Die Schätzwerte betragen 0,37 auf der Ebene von Bundesstaaten und 0,34 auf County-Ebene. Auf Gemeindeebene zeigen sich insignifikante Effekte, sogar mit einem negativen Kennzeichen.³²⁷ Auch zeigen andere Autoren wie Duffy-Deno, Eberts, Garcia-Mila und McGuire oder auch Munnell Schätzwerte zwischen 0,03 und 0,17 auf und bekräftigen damit Berechmans Schlussfolgerungen.³²⁸ Verschiedene Argumente werden für die niedrigeren und divergierenden Ergebnisse für die kleinteiligen Räume angeführt. Einerseits würden durch Ausdifferenzierung der Ansätze und der methodischen Überarbeitung mehr infrastruktur- bzw. wachstumsrelevante Faktoren berücksichtigt. Auftretende Komplementäreffekte wie auch Substitute können dabei näher identifiziert werden. Jedoch wird in einem kleineren regionalen Gebiet der gesamte Wachstumseffekt der Investitionen nicht wirksam.³²⁹ Boarnet wie auch Mikelbank und Jackson bringen als Erklärungsansatz vor, dass auf disaggregierter Ebene die Spillover-Effekte nicht zu identifizieren seien. Deren Wachstumsimpulse können daher auch nur unzureichend berücksichtigt werden.³³⁰

Zum Teil werden Aschauers Schätzwerte mit aggregierten Datensätzen, aber auch durch Munnells Ergebnisse auf regionaler Ebene bestätigt, wobei insbesondere zwischen der Straßenin-

³²³ Aschauer zeigt in einer späteren Studie auf, dass nur durch ständige Erhöhung der Ausgaben im öffentlichen Sektor (Infrastrukturmaßnahmen) und im Bildungsbereich langfristige Wachstumseffekte bewirkt werden können, vgl. Aschauer (1995).

³²⁴ Vgl. Anselin, Varga, Acs (2000); Varga (2000). Beide schätzten eine auf Griliches zurückgehende regionale Wissensproduktionsfunktion, vgl. Griliches (1979).

³²⁵ Vgl. Haas, Möller (2001).

³²⁶ Dem Grundmodell des Produktionsfunktionsansatzes kann zusätzlich der Faktor Erreichbarkeit (*E*) hinzugefügt werden. Dadurch wird der öffentliche Kapitalstock um die materielle Infrastruktur abstrahiert. Rein definitorisch handelt es sich bei der materiellen Infrastruktur um den Teil des öffentlichen Kapitalstocks, der einen wesentlichen Einfluss auf das Produktions- und Konsumverhalten hat. Gleichzeitig definiert sie sich durch ihre lange Nutzungsdauer. Auch wegen der extrem langen Ausreifungsdauer weist sie eine hohe Kapitalintensität auf, vgl. Keeble, Owens, Thomson (1982).

³²⁷ Vgl. Berechman, Ozmen, Ozbay (2006).

³²⁸ Vgl. Duffy-Deno, Eberts (1991); Eberts (1986); Garcia-Milà, McGuire (1992); Munnell (1993).

³²⁹ Vgl. Munnell (1993), S. 32 ff.

³³⁰ Vgl. Boarnet (1998); Mikelbank, Jackson (2000).

frastruktur und der Produktivitätsentwicklung eine starke Signifikanz erkennbar ist.³³¹ Demnach würden Spillover-Effekte überhaupt nicht auftreten.³³² Ebenfalls fanden zumeist die öffentlichen Investitionen als Inputvariable Berücksichtigung. Garcia-Milà und McGuire wie auch Stephan spezifizieren insofern, dass Verkehrsinvestitionen als Infrastrukturvariable verwendet werden.

Tabelle 2

Ökonometrische Befunde auf disaggregierter Ebene

Autor und Studie	Zeitraum	Spezifikation	Outputelastizität
Duffy-Deno und Eberts (1991)	1980 – 1984	C-D; log	0,08
Eberts (1986)	1958 – 1978	Translog	0,03 – 0,04
Eisner (1991)	1970 – 1986	C-D; log	0,17
Garcia-Milà und McGuire (1992)	1969 – 1983	C-D; log	0,045
Mas et al. (1996)	1980 – 1999	C-D; log	0,24
Mera (1973)	1954 – 1963	C-D; log	0,12 – 0,22
Munnell (1993)	1979 – 1986	C-D; log	0,14 – 0,17
Stephan (2003)	1970 – 1996	C-D; log	0,38 – 0,65

Quelle: Eigene Zusammenstellung.³³³

4.3 Untersuchungen auf sektoraler Ebene

Auch finden sich in der ökonomischen Literatur sektorspezifische Studien. Dabei werden Outputelastizitäten unter Berücksichtigung unterschiedlicher Wirtschaftsstrukturen ermittelt.³³⁴ Auch werden sektorale Differenzierungen in Bezug auf verschiedene Verkehrsträgerarten vorgenommen. Die Untersuchungen werden dabei auf regionaler oder lokaler Ebene angestellt. Die Koeffizienten legen nahe, dass öffentliche Investitionen im Allgemeinen eine positive Wirkung auf die verschiedenen Industriesektoren haben. Nach Fernald oder Shirley und Winston haben Verkehrsinvestitionen einen signifikant positiven Effekt auf das transportintensive Gewerbe.³³⁵ Demnach werden steigende Skalenelastizitäten insbesondere im verkehrsaaffinen Produktionsgewerbe gefunden, sowohl in der Zwischengüter- als auch Endgüterproduktion. Auch belegt die Studie von Bell, dass Verkehrsinvestitionen im Bereich des Schnellstraßensystems positive Effekte auf den Einzel- und Großhandel haben.³³⁶ Im Wesentlichen werden diese Ergebnisse auch von Costa bestätigt.³³⁷ Schwache Effekte lassen sich erwartungsgemäß im landwirtschaftlichen Sektor nachweisen.³³⁸ Während Costa et al. und Pinnoi öffentliche Investitionen als Inputvariable zugrunde legen, bezieht sich Fernald auf Verkehrsinvestitionen.

³³¹ Vgl. Munnell (1993).

³³² Vgl. Holtz-Eakin (1993); Holtz-Eakin, Schwartz (1995).

³³³ Siehe dazu auch Pereira, Andraz (2010).

³³⁴ So wurde für Deutschland nachgewiesen, dass die Grenzproduktivität des Kapitals rund um Arbeitsmärkte wie Stuttgart, Mannheim und Düsseldorf tendenziell höher ist als in kapitalintensiven Gebieten wie Wolfsburg und Stuttgart, vgl. Eckey, Kosfeld, Türck (2004), S. 11.

³³⁵ Vgl. Fernald (1999); Shirley, Winston (2004).

³³⁶ Vgl. Bell, McGuire (1997).

³³⁷ Vgl. Costa, Ellson, Martin (1987).

³³⁸ Vgl. Pinnoi (1992), S. 351 – 359.

Tabelle 3
Ökonometrische Befunde auf sektoraler Ebene

Autor und Studie	Zeitraum	Spezifikation	Outputelastizität
Costa et al. (1987)	1972	log; Translog	0,20
Fernald (1999)	1953 – 1989	C-D; Δ log	0,14 (verkehrsaffine Industrie)
Pinnoi (1992)	1972	log; Translog.	–0,10 (Landwirtschaft) 0,08 (Produktion) 0,003 (übrige Industrie)

Quelle: Eigene Zusammenstellung.³³⁹

Insgesamt lässt sich festhalten, dass sich in den letzten Jahren Produktionsfunktionsansätze mit disaggregiert spezifizierten Daten durchgesetzt haben. Damit gelingt es, regional oder sogar sektorspezifisch variierende Effekte zu schätzen. Auch können Schätzwerte älterer Studien durch Ausdifferenzierung sich bedingender Komplementär- und Substitutionseffekte nach unten korrigiert werden. Mit Ausnahme der Studien von Eisner, Garcia-Milà et al. wie auch Holtz-Eakin konnte die Signifikanz der Effekte von öffentlichem Kapital nach wie vor bestätigt werden.³⁴⁰ Zusätzlich fanden in den erstellten Modellen Determinanten wie Human- und Wissenskapital Verwendung. Mit Blick auf die endogene Wachstumstheorie werden damit langfristige Wachstumseffekte unterstellt. Große Schwierigkeit bereitet dabei jedoch das Thema der Spillover-Effekte. Ein Meinungsstreit herrscht darüber, ob diese überhaupt regional auftreten können. Sollte dies bejaht werden, stellt sich das Problem der Quantifizierung der dadurch bewirkten Wachstumseffekte. Nach Meinung des Autors können Spillovers *eo ipso* nicht gemessen werden. Jedoch ist deren Berücksichtigung – auch auf regionaler Ebene – für eine unverzerrte Schätzung essentiell. Das Problem ist zu lösen, wenn zusätzliche stadtkononomische Modellspezifika wie Agglomeration, Bildung und regionale Attraktivitätsmaße mit einbezogen werden. Die Grundüberlegung ist, dass verstärktes Pendeln – bewirkt durch günstigere Transportkosten – zu verstärktem Austausch von Human- und Wissenskapital führt, was wiederum einen Einfluss auf die Agglomerationsbildung hat.³⁴¹

4.4 Quasi-Produktionsfunktionen auf disaggregierter Ebene

Auch können Quasi-Produktionsfunktionsansätze mit raumgebundenen Potenzialfaktoren formuliert werden. Dazu ist eine direkte Verbindung zwischen den Input- und Outputgrößen herzustellen. Die Potenzialbeziehung ergibt sich, indem die Faktoren dem maximal erzielbaren Outputniveau gegenübergestellt werden. Die daraus zu ermittelnden Grenzzraten der Substitution werden als Maß der Knappheit interpretiert.

³³⁹ Siehe dazu auch Pereira, Andraz (2010).

³⁴⁰ Vgl. Eisner (1991); Garcia-Milà, McGuire, Porter (1996); Holtz-Eakin (1994).

³⁴¹ Vgl. Duranton, Turner (2011).

4.4.1 Der Ansatz von Biehl³⁴²

Durch den Ansatz der regionalen Produktionsfunktion wird aufgezeigt, dass private und öffentliche Produktionsfaktoren miteinander kombiniert werden können. Biehl trifft dagegen eine Unterscheidung hinsichtlich der privaten Faktoren wie Arbeit und Kapital, die der Mobilität unterliegen³⁴³, und den regionalen Inputs, die immobil, nicht substituierbar, mehrfach einsetzbar und unteilbar sind. Durch die Unteilbarkeit charakterisieren sich die Potenzialfaktoren als reine Bestandsgrößen. Die Verkehrsinfrastruktur wird demnach als immobil kategorisiert.³⁴⁴ Biehl macht jedoch deutlich, dass die Kombination der einzelnen Inputfaktoren und deren Zusammenwirken von grundlegender Bedeutung für langanhaltendes Wirtschaftswachstum sind.³⁴⁵ Nicht dagegen reicht die alleinige Ausstattung mit Faktoren.³⁴⁶ Die Infrastruktur wird in diesem Zusammenhang als Potenzialfaktor verstanden.³⁴⁷ Dieser repräsentiert zum einen die Kapazität eines Gebietes, zum anderen legt er die räumlichen Abgrenzungskriterien fest. Die Grundannahme ist, dass eine bessere Ausstattung an Infrastruktur die Produktivität der privaten Inputs steigern kann. Damit erfolgt die Abschätzung der regionalen Potenziale unter Berücksichtigung der effizient genutzten Inputfaktoren.³⁴⁸

In Anlehnung an die Inputs der oben dargestellten regionalen Produktionsfunktion greift Biehl für die Schätzung des regionalen Wertschöpfungspotenzials ($Y_{i,t}^{pot}$) die Faktoren der Siedlungs- bzw. Wirtschaftsstruktur (S), der Agglomeration (A), der geographischen Lage (L) und Infrastrukturausstattung (E) auf.³⁴⁹ Die Faktoren stehen wiederum für die Kapazität der zu untersuchenden Region. Mit dem Produktivitätsfaktor (c_t) steht der Zusammenhang in zeitlicher (t) und regionaler (i) Abhängigkeit,³⁵⁰

$$Y_{i,t}^{pot} = c_t S_{i,t}^{\alpha} A_{i,t}^{\beta} L_{i,t}^{\gamma} E_{i,t}^{\delta}.$$

Unter der Sektorstruktur ist der Industrie- und der Dienstleistungsanteil am Bruttosozialprodukt oder der totalen Beschäftigung in dem jeweiligen Untersuchungsgebiet zu verstehen. Der Agglomerationsfaktor charakterisiert sich durch die Dichte bezüglich der Bevölkerung oder der Beschäftigung. Die geographische Lage ergibt sich aus der Summe der Entfernungen zwischen den Regionen. Die Standortvariable dient dabei als Erreichbarkeitsindikator, wobei Gebiete in zentral gelegener Lage geringe Werte, Randregionen dagegen hohe Werte aufweisen. Für den Infrastrukturindex (E) greift Biehl zunächst die Subkategorien der Hauptinfrastrukturgruppen Verkehr (Straßen, Eisenbahn), Telekommunikation, Energie (Elektrizität, Gas) und

³⁴² Die folgenden Ausführungen beziehen sich im Wesentlichen auf die Veröffentlichungen Biehl, Hußmann, Rautenberg, Schnyder, Südmeyer (1975) und Biehl (1986, 1991, 1995).

³⁴³ Durch die Mobilität von Arbeit und Kapital wird aufgezeigt, dass die beiden Faktoren in die Regionen abwandern, in denen die höhere Grenzproduktivität gegeben ist.

³⁴⁴ Vgl. Biehl (1974, 1991); Blum (1982a), S. 171 ff.

³⁴⁵ Vgl. Biehl (1991), S. 12.

³⁴⁶ Vgl. Biehl (1995), S. 61. Biehl schlägt zur Ermittlung des regionalen Entwicklungspotenzials folgende Varianten vor: Kapazitätsindexziffer des Minimum-Potenzialfaktors bei limitationaler Beziehung zwischen den Potenzialfaktoren, Mittelwert aller Kapazitätsindizes bei unterstellter Substituierbarkeit der Faktoren, Mittelwert der Potenzialfaktoren in Quasi-Produktionsfunktionen, Multiple Quasi-Produktionsfunktionen und das minimale regionale Wertschöpfungspotenzial durch Quasi-Produktionsfunktionen, vgl. Biehl, Hußmann, Rautenberg, Schnyder, Südmeyer (1975).

³⁴⁷ Vgl. Biehl (1991), S. 9.

³⁴⁸ Vgl. Biehl (1995), S. 61.

³⁴⁹ Vgl. Biehl (1975, 1991).

³⁵⁰ Biehls Kategorisierung weist Parallelen zu Stohlers Begriffsbestimmung auf. Demnach wird Infrastruktur in die technischen Merkmale Unteilbarkeit, Nutzungsdauer, Standortgebundenheit und Leistung untergliedert, vgl. Stohler (1977), S. 16 ff.

Bildung auf, um daraus einen Gesamtindikator für die regionale Infrastrukturausstattung ermitteln zu können. Die Parameter α, β, γ und δ definieren sich wieder als Produktionselastizitäten der jeweiligen Inputs.³⁵¹

Für die Schätzung wird in Bezug auf die Infrastruktur die tatsächlich erzielte regionale Bruttowertschöpfung mit dem regionalen Wertschöpfungspotenzial ($Y_{i,t}^{pot}$) desselben Jahres verglichen. Ist der potenzielle Output größer, dann ist der Input Infrastruktur nicht ausgelastet. Ist hingegen die tatsächliche Wertschöpfung größer als ihr Potenzial, so hemmt der Potenzialfaktor Infrastruktur die wirtschaftliche Entwicklung. Die Kapazität des (Engpass-)Faktors kann dann ausgebaut werden, indem die Infrastrukturausstattung verbessert wird. Zwischen den einzelnen Potenzialfaktoren besteht damit reine Limitationalität. Um langfristig wirtschaftliches Wachstum realisieren zu können, wird jedoch auch der notwendige komplementäre Ausbau verschiedener Arten von Infrastruktur betont.³⁵² Das Entwicklungspotenzial einzelner Regionen und damit einer Volkswirtschaft ist umso höher, je besser die Ausstattung mit einzelnen Potenzialfaktoren ist und je mehr freie Kapazitäten wiederzufinden sind.³⁵³ Es ist jedoch festzuhalten, dass diese Annahme auch Defizite beinhaltet. Nach Biehl wird unterstellt, dass eine größere Ausstattung mit Potenzialfaktoren die Differenz zur potenziellen Wertschöpfung verringert. In diesem Ansatz ist eine zu starke Vereinfachung zu sehen. Zudem ist nicht unbedingt einleuchtend, wie und in welchem Maß eine höhere Ausstattung an Potenzialfaktoren weniger starke Regionalfaktoren überkompensieren kann. Auch werden eventuell auftretende Sättigungseffekte völlig ausgeblendet.

Regressionsanalytisch weist Biehl auf den multiplen Funktionstyp hin. Dabei treten die unterstellten Potenzialfaktoren gleichzeitig auf. Versucht wird explizit, auf die Identifikation des multikausalen Zusammenhangs abzustellen. Die Argumentation selbst liegt zwar vor, jedoch wird das methodische Konzept den Anforderungen nicht gerecht. Dazu müsste vielmehr auf ein Mehrgleichungsmodell unter Verwendung von Instrumentvariablenschätzungen und Paneldaten abgestellt werden. Dennoch können sich aus der Methodik mehrere Vorteile erschließen. So wird die Beziehung der einzelnen zueinander stehenden Faktoren näher betrachtet und definiert. Auch können mehrere unabhängige Variablen die Streuung der abhängigen Variablen genauer erklären. Allerdings nimmt auch die Varianz der Koeffizienten mit steigender Multikollinearität zu, was wiederum zu verfälschten Ergebnissen führen kann. Wegen der aufgezeigten Unsicherheit der Schätzwerte weist Biehl selbst darauf hin, auf den Funktionstyp der einfachen reversiblen Funktion zurückzugreifen.³⁵⁴ Ohne nähere Überprüfung des Ausmaßes der Multikollinearität ist diesem Hinweis jedoch nicht pauschal zu folgen.

Aus Biehls methodischen Ausarbeitungen sind für den vorliegenden Untersuchungsauftrag folgende Schlussfolgerungen zu ziehen: Eine Region ist mit einer optimalen Verkehrsinfrastrukturausstattung zu erschließen. Zu geringe Kapazitäten wirken wachstumshemmend, ungenutzte Ressourcen führen dagegen zu hohen Opportunitätskosten. Die volkswirtschaftlich optimale Bereitstellung an Verkehrsinfrastruktur definiert sich im Gleichgewicht zwischen den Potenzialfaktoren. Eine höhere regionale Ausstattung an Potenzialfaktoren erfordert stärkere

³⁵¹ Vgl. Biehl (1995), S. 75 ff.

³⁵² Vgl. Button (1993); Ahmed, O'Sullivan, Suiono, Wilson (1976).

³⁵³ Vgl. Cutanda, Patricio (1994), S. 70.

³⁵⁴ Vgl. Biehl (1975), S. 76 ff.

Investitionen im Verkehrssektor. Ein weiterer Ausbau des Verkehrsnetzes verlangt dabei gleichzeitig eine renditemäßige Nutzung.³⁵⁵

Biehl weist in der Studie einen negativen Zusammenhang zwischen dem regionalen Wertschöpfungspotenzial und der Standortvariablen nach. Der starke Agglomerationskoeffizient in Höhe von 0,986 zeigt auf, dass bei einer 10-prozentigen Steigerung der Bevölkerungsdichte das regionale Entwicklungspotenzial ebenfalls um knapp 10 Prozent ansteigt. Die sektorale Struktur hat hingegen im Vergleich zu den anderen angeführten Potenzialfaktoren wenig Einfluss. Biehls Ergebnisse legen nahe, dass den Infrastrukturvariablen eine stark positive Wachstumsrelevanz für die regionale Produktivität und damit das regionale Entwicklungspotenzial zukommt. Für die entsprechenden Elastizitäten des Infrastruktursektors bezogen auf die Bruttowertschöpfung je Beschäftigten, je Einwohner und die Erwerbsquote wurden Werte von 0,183, 0,177 und 0,136 ermittelt. Die Korrelationswerte hierzu werden auf 0,89, 0,88 und 0,83 beziffert.³⁵⁶

Damit wird der positive Einfluss der Infrastruktur auf das regionale Wirtschaftswachstum bestätigt. Relativierend dazu muss jedoch angemerkt werden, dass die miteinander kombinierten Potenzialfaktoren aufgrund ihrer Definitionen als zu sehr voneinander abhängig und redundant erscheinen. Aus diesem Grund ist eine pauschale Übertragung desselben Ansatzes mit identischen Potenzialfaktoren nicht sinnvoll. Die regionalen Gegebenheiten können sich im Hinblick auf die Verkehrsinfrastruktur oder die sonstigen Inputs durchaus stark voneinander unterscheiden. In der ökonomischen Literatur findet der von Biehl entwickelte Ansatz mehrfach Anwendung. So greifen beispielsweise Blum für deutsche Regionen, Cutanda und Patricio für spanische Gebiete wie auch Schaffer und Siegele für die Europäische Union und Deutschland das Verfahren auf.³⁵⁷ Johannson bezieht sich ebenfalls auf den Ansatz, wobei er in methodischer Hinsicht zusätzlich auf private Produktionsfaktoren und einen Marktpotenzialindex verweist.

4.4.2 Der Ansatz von Johannson³⁵⁸

Der Ansatz von Johannson unterscheidet sich zur Schätzung von Biehl zunächst darin, dass er die privaten Produktionsfaktoren Arbeit und Kapital wieder berücksichtigt. Neben der Berücksichtigung von Kapazitätswerten üblicher Infrastrukturkategorien einer Region erfolgt die Schätzung des Einflusses der Verkehrsinfrastruktur auf das Wertschöpfungspotenzial durch die Erreichbarkeitsvariable. Die Grundannahme ist, dass eine regional abgegrenzte Ökonomie von der Ausstattung und Entwicklung seines Netzwerks abhängig ist. Die Erreichbarkeiten jeder Region werden über acht Jahre als konstant angenommen. Anschließend werden durch die geschätzten Regressionsgleichungen Erreichbarkeitsunterschiede zwischen den Regionen dargestellt. Die regionale Outputfunktion setzt sich damit aus dem Produktionspotenzial in Abhängigkeit des Erreichbarkeitsmaßes eines bestimmten Standortes und der privaten Produktion zusammen. Das regionsspezifische Wachstum wird also unter Berücksichtigung eines Produktionspotenzials erklärt, das wiederum in Abhängigkeit der regionalen Infrastruktur und

³⁵⁵ Vgl. Button (1993); Rietveld (1989), S. 255 ff.

³⁵⁶ Vgl. Biehl (1995), S. 78 f.

³⁵⁷ Vgl. Blum (1982a); Cutanda, Patricio (1994); Schaffer, Siegele (2008).

³⁵⁸ Die folgenden Ausführungen beziehen sich im Wesentlichen auf drei Veröffentlichungen: Johannson (1993, 1994); Forslund, Johannson (1995).

wirtschaftlich-struktureller Gegebenheiten steht. Der Marktpotenzialindex wird dabei durch die regionale Erreichbarkeit bedingt. Dadurch definiert er zugleich die Qualität des jeweiligen Standortes. Es zeigt sich, dass Veränderungen in der Erreichbarkeit eine Anpassung des Potenzials zur Folge haben:³⁵⁹

$$E_i = \sum_j^{j=\max} Z_j e^{-\lambda c^{ij}}.$$

Die Methode des Potenzialansatzes kommt in einer Vielzahl weiterer Studien zur Anwendung. Der Parameter E_i bezeichnet dabei das Maß der Erreichbarkeit der verfügbaren Transportnetze von der Region i aus. Es wird unterstellt, dass die Attraktivität oder Kapazität (Z) eines Ortes (j) mit seiner Gewichtungsfunktion ($e^{-\lambda c^{ij}}$) den Nutzen (E) in einem anderen Ort (i) generieren kann. Die Gewichtungsfunktion beinhaltet in seinem exponentiellen Zusammenhang den Distanz-Gewichtungsfaktor (λ). Damit nimmt der Nutzen mit zunehmenden zeitlichen oder monetären Kosten des Transports bzw. der Raumüberwindung (c^{ij}) zwischen den Orten i und j ab. Mit dem Sensitivitätsmaß für die Erreichbarkeit (λ) werden die Standorte diskontiert. Je größer die Distanz zwischen den beiden Orten ist, desto geringer ist der Einfluss auf den zu schätzenden Nutzen des jeweiligen Standorts.³⁶⁰

Mit Hilfe von Regressionsansätzen schätzt Johannson den Einfluss des Infrastruktursystems auf den Markt. Die Ergebnisse zeigen auf, dass die Kapazität des Straßensystems und des öffentlichen Transports die Grundlage für die Bildung und Erhaltung eines effizienten Arbeitsmarktes bietet.³⁶¹ Zudem haben diese eine starke Kausalwirkung auf einzelne Sektoren wie Maschinenbau, Waldwirtschaft und das verarbeitende Gewerbe.³⁶² Kapazitäten können in diesem Zusammenhang durchaus als Verkehrsinfrastrukturressource verstanden werden. Somit wird dem Straßennetz wieder eine grundlegend wichtige Bedeutung für die ökonomische Entwicklung zugeschrieben. Die Ergebnisse der Studie weisen zudem darauf hin, dass eine Region mit einer guten Ausstattung an Verkehrsinfrastruktur auch über andere Infrastrukturvariablen hinreichend verfügt. Es ist jedoch deutlich zu machen, dass eine Übertragung des Ansatzes mit denselben Potenzialfaktoren für Untersuchungen verschiedener Regionen nicht sinnvoll ist. Für jede Region ist eine unterschiedliche Kombination von Variablen optimal. Eine einheitlich zwingende Spezifikation von Infrastrukturvariablen kann auch nicht gefunden werden, da Infrastruktur auf den Synergien zwischen den unterschiedlichen Systemen von Netzwerken und Erreichbarkeitsfaktoren basiert.³⁶³

Johannson versucht das Problem der miteinander kombinierten Inputs explizit zu lösen, indem er in seiner Vorgehensweise zusätzlich auf das Potenzialmodell zurückgreift. Dieses hat jedoch den Schwachpunkt, dass es lange Zeit überhaupt nicht theoriefundiert war. McFadden macht dagegen einen Zusammenhang zum diskreten Entscheidungsmodell deutlich und zeigt damit einen mikroökonomischen Hintergrund auf.³⁶⁴ Zudem legen Rietveld und Bruinsma nahe, dass die nutzenbasierte Erreichbarkeit für Schätzmethoden durchaus problematisch sein kann. Die Erreichbarkeitsvariablen umfassen Größen wie interregionale Netzwerke. Nach

³⁵⁹ Hansen entwickelte den ersten Ansatz, die Erreichbarkeit in das Potenzial zu integrieren, vgl. Hansen (1959).

³⁶⁰ Vgl. Kesselring, Halbherr, Maggi (1982); Ben-Akiva, Lerman (1985).

³⁶¹ Vgl. Johannson (1993), S. 146.

³⁶² Vgl. Johannson (1993), S. 149.

³⁶³ Vgl. Johannson, Karlsson (1994), S. 178 ff.

³⁶⁴ Vgl. McFadden (1981).

Forslund und Johannson ist damit das Verkehrssystem als Infrastruktur für Interaktionen über den Raum zu betrachten.³⁶⁵ Die Schwierigkeit ergibt sich somit in der Abgrenzung der jeweiligen Untersuchungsgebiete. Interaktionen können nicht an den jeweiligen Grenzen der Regionen enden. Zudem werden nur Interaktionen zwischen den Untersuchungsgebieten einbezogen, innerhalb einer Region hingegen ausgeblendet. Die größte Schwäche dieses Ansatzes ist jedoch wiederum darin zu sehen, dass unter der vereinfachenden Annahme der Monokausalität regionale Unterschiede in den Wohlstandsniveaus (verfügbaren Einkommen) überhaupt nicht berücksichtigt werden.³⁶⁶

4.5 Ansätze für den vorliegenden Untersuchungsauftrag

Mit Hilfe der ökonomischen Literatur lässt sich nachvollziehen, dass sich die Analysemethoden hinsichtlich der Modellierung, der gewählten Aggregationsebene, der statistischen Daten wie auch der ökonometrischen Verfahren stark voneinander unterscheiden können. Aus der Darstellung können jedoch wichtige Schlussfolgerungen gezogen werden, welche Anforderungen an den vorliegenden Untersuchungsauftrag zu stellen sind.

In der ökonomischen Literatur wird deutlich, dass es sich bei den Verkehrsinvestitionen insofern als problematische Inputvariable handelt, als die durch das Verkehrssystem generierten volkswirtschaftlichen Effekte nicht zu identifizieren sind. Die regionale Zuordnung der resultierenden Effekte scheint dann schon gar nicht möglich zu sein. In den Ergebnissen spiegeln sich damit allenfalls Partialinformationen wider. Zur Beantwortung der oben stehenden Fragestellungen ist daher auf Variablen abzustellen, die das Verkehrsinfrastruktursystem selbst definieren und die daraus resultierenden Effekte erklären.

Es ist zu konstatieren, dass größtenteils positive und signifikante Koeffizienten gefunden wurden. Dennoch unterscheiden sich die Wirkungen von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen. So zeichnen sich Diskrepanzen ab, wenn unterschiedlich lange Zeiträume unterstellt werden. Auch ist anzumerken, dass die Einflusswirkung in strukturell schwächeren Gebieten tendenziell höher ist als in bereits gut erschlossenen und entwickelten Regionen. Dieses Ergebnis ist im Hinblick auf den abnehmenden Grenznutzen durchaus nachzuvollziehen. Um die Konsistenz, die Transparenz und die Robustheit der Ergebnisse zu gewährleisten, sind daher auf disaggregierter Ebene möglichst lange Untersuchungszeiträume zu wählen. Nur dadurch lassen sich kurz- und langfristige Effekte identifizieren.

Auch ist festzuhalten, dass die Einflusswirkung der Infrastruktur schon durch die methodische Überarbeitung relativiert werden kann. Kontrovers wird dabei diskutiert, ob Spillovereffekte, die auf hoch aggregierter Ebene auftreten, auch durch Untersuchungen mit räumlicher Auflösung in ausreichendem Maß berücksichtigt werden können. Es ist jedoch auch in der Empirie belegt, dass diese Effekte durch die regionsspezifische Modellierung (wie etwa Agglomerationsbildung) und die daraus folgende ökonometrische Ausdifferenzierung aufgegriffen werden können. Gleichzeitig lassen sich dadurch Identifikationsprobleme von Variablen effizienter lösen und mögliche Fehlspezifikationen vermeiden.

³⁶⁵ Vgl. Forslund, Johannson (1995), S. 155.

³⁶⁶ Vgl. Rietveld, Bruinsma (1998).

Zudem ist auf die Schwierigkeit der Endogenität hinzuweisen. Insbesondere wird dies bei einer Infrastrukturvariablen in Form von Investitionen deutlich. Als mögliche Ursachen von Verzerrungen können im Regressionsmodell vernachlässigte Variablen (*omitted variables bias*), Messfehler bei den erklärenden Variablen, eine falsche funktionale Form der Gleichung und Simultanitäten gelten. Unmittelbare Folge ist die Korreliertheit der erklärenden Variablen mit dem Störterm. Dadurch ergeben sich auch im ökonometrischen Vorgehen gravierende Probleme, da die Annahmen des Schätzmodells verletzt werden. Die Schwierigkeiten können jedoch durch Verwendung von Instrumentvariablenansätzen bzw. durch geeignete Schätzmethoden, die auf Paneldatensätzen beruhen, behoben werden. Damit wird grundsätzlich eine valide Identifizierung der wachstumsbestimmenden Faktoren ermöglicht.

5 Modelltheorie, Methodik und Datenbasis der empirischen Analyse

5.1 Modelltheorie und Schätzansätze für die USA³⁶⁷

Makroökonomische Untersuchungen lassen den Rückschluss zu, dass die Komplexität modelltheoretischer Ansätze darin besteht, regional- und damit gesamtwirtschaftliche Verzerrungen und Auswirkungen auf Transformations- und Anpassungseffekte zu berücksichtigen. Dazu kommt, dass methodisch zumeist nur rein monokausale Verläufe unterstellt werden konnten. Im Gegensatz dazu haben Durantón und Turner einen stadtheoretischen Ansatz formuliert, der explizit die beidseitigen Wirkungszusammenhänge zwischen der Verkehrsinfrastruktur und dem Wirtschaftswachstum aufzeigt. Der Grundgedanke der Theorie ist darin zu sehen, dass Bevölkerungs- bzw. Beschäftigungswachstum durch die Ausbreitung des Verkehrsinfrastrukturnetzes und die dadurch induzierte Transportkostensenkung verursacht werden. Das Modell mit der gewählten Untersuchungsebene begegnet zugleich dem Vorwurf, dass makroökonomische Ansätze regelmäßig zu aggregiert sind, um die Wechselwirkungen zwischen Verkehrsinfrastruktur und Wirtschaftswachstum bestimmen zu können.³⁶⁸ Das ausdifferenzierte Mehrgleichungsmodell geht dabei von zeitabhängigen Kausalzusammenhängen aus. Berücksichtigt werden der regionale Technologiebestand und die Wirkungen auf die Agglomerationsbildung. Um die zeitliche Konsistenz in der Analyse gewährleisten zu können, stellt die Infrastrukturvariable eine Beziehung zwischen den (sozio-)ökonomischen Größen und der Verkehrsinfrastruktur über mehrere Dekaden her. Zudem werden regionale Unterschiede im Wohlstand wie auch verschiedene (sich gegenseitig bedingende) Angebots- und Nachfrageparameter mit einbezogen. Die Theorie dient als Grundlage hinsichtlich der Messansätze zur Quantifizierung der Kausalbeziehung. Methodisch werden dazu Instrumentvariablen-schätzungen durchgeführt.

Im Folgenden wird der stadt- bzw. regionaltheoretische Zusammenhang in vier Ansätze aufgeschlüsselt. Dazu wird zunächst die Beziehung zwischen der Stadtbevölkerung und den Transportkosten im statischen Kontext aufgezeigt. Die Zusammenhänge sind dann in einen dynamischen Prozess zu überführen. Anschließend ist die Veränderung der Bevölkerung in Abhängigkeit der Transportkosten aufzuzeigen, wodurch schließlich auch auf die Wirkungen der Veränderungen im Verkehrsinfrastruktursystem geschlossen werden kann. Aus den letzten beiden Abschnitten können zugleich die für Durantón und Turner relevanten Schätzgleichungen formuliert werden.

5.1.1 Stadtbevölkerung und Transportkosten im statischen Modell

Zunächst ist wieder von statisch monozentrischen Städten mit den in Kapitel 3.3.2.1 aufgezeigten Zusammenhängen auszugehen. Der Ansatz von Alonso, Mills und Muth ist in der Stadtökonomie als grundlegendes Modell für nachfolgende Arbeiten anzusehen. Da die Landrente außerhalb der Stadtgrenze Null beträgt, ergibt sich für die gleichgewichtige Bevölkerung

$$N^* = (\omega - \tilde{\omega}) \tau^{-1}. \quad (5.1)$$

³⁶⁷ Die Ausführungen beziehen sich auf die Veröffentlichungen von Durantón, Turner (2007, 2008, 2011).

³⁶⁸ Vgl. Bell, McGuire (1997).

Die negative Beziehung zwischen wachsenden Städten und fallenden Transportkosten kann als allgemein gültig gelten. Der Zusammenhang gilt auch für die Verallgemeinerung hinsichtlich polyzentrischer Beschäftigungszentren³⁶⁹, verschiedener Ausgestaltung von Eigentumsverhältnissen für Grund und Boden, heterogener Landnutzer, verschiedener Transportarten und dem in Zeiteinheiten gemessenen Berufspendlerverkehr.³⁷⁰ Auch hält der Ansatz hinsichtlich dem möglichen Auftreten vielfach endogen bemessener Arbeitsstätten stand.³⁷¹ Weiterhin greift das Modell die typischen Effekte der Agglomerationsbildung auf.³⁷² Die Bruttolöhne steigen mit größer werdenden Städten, $\omega = \Psi N^\delta$, wobei Ψ den Produktivitätsmechanismus beschreibt und der stadtspezifische Parameter $\delta \geq 0$ ist.³⁷³ Auch kann der Zusammenhang mit der Bevölkerung im Gleichgewicht allgemeiner gefasst werden,

$$N^* \equiv \frac{\tilde{A}}{\tau^\alpha},$$

wobei $\alpha > 0$ ist und \tilde{A} ein relatives Attraktivitätsmaß darstellt, zusammengesetzt aus Löhnen und dem monetären Äquivalent von in Städten erhältlichen Annehmlichkeiten und Vorzügen. Der Zusammenhang zeigt wieder, dass geringere Transportkosten zu einer höheren Bevölkerung im Gleichgewicht führen müssen.

5.1.2 Konvergenz zum steady state im dynamischen Modell

Die Kausalbeziehung kann jedoch temporär variieren. Damit ist der Ansatz in zeitliche Abhängigkeit (t) zu setzen. Weiterhin ist anzunehmen, dass das Attraktivitätsmaß dem nicht-negativen multiplikativen Schock e_t unterliegt. Damit ist \tilde{A} durch Ae_t zu ersetzen. Zudem wird in dem Modell eine direkte Beziehung zwischen der Bevölkerung zu den stochastischen Schocks unterstellt. Der Gleichgewichtszustand im dynamischen Prozess lautet somit

$$N_t^* = \frac{Ae_t}{\tau_t^\alpha}. \quad (5.2)$$

Es ist anzunehmen, dass sich die Bevölkerungszahlen an die Veränderungen der jeweiligen Gegebenheiten anpassen. Die Höhe der entsprechenden Anpassung hängt natürlich davon ab, wie weit sich die Stadtbevölkerung vom Gleichgewicht wegbewegt hat. Die Anpassung ist anhand eines Adaptionsprozesses folgendermaßen zu beschreiben,

$$N_{t+1} = N_t^*{}^b N_t^{1-b}, \quad (5.3)$$

wobei N_t^* den stationären Zustand und $b \in (0,1)$ die Anpassungsrate für die Konvergenz aufzeigen. Die folgende Abbildung stellt den Konvergenzprozess zum *steady state* grafisch dar.

³⁶⁹ Vgl. Henderson, Mitra (1996).

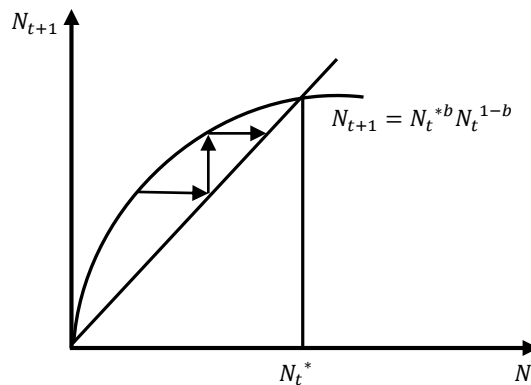
³⁷⁰ Vgl. Brueckner (1987); Fujita (1989).

³⁷¹ Vgl. Anas, Arnott, Small (1998).

³⁷² Vgl. Duranton, Puga (2004).

³⁷³ Vgl. Ogawa, Fujita (1980); Fujita, Ogawa (1982); Anas, Kim (1996).

Abbildung 8
Konvergenz zum steady state in der dynamischen Betrachtung



Quelle: Duranton, Turner (2007, 2008, 2011).

Die Annäherung hängt damit auch von der Größe der Stadt ab. Im theoretischen Teil wurde aufgezeigt, dass die Populationsgröße eine Determinante vom Nettoeinkommen ist. Sofern dieses im Wesentlichen durch das Einkommen bestimmt wird, wird die Bedeutung der Lohnsumme für den wirtschaftlichen Prozess evident. Gemäß dem Ansatz von Glaeser und Gyourko ist für die empirische Analyse sinnvoll, wegen der Asymmetrie in den Wachstumsraten auf die Spezifikation des Städtewachstums zurückzugreifen: Städte, die unterhalb des *steady state* liegen, können schnell wachsen. Im Gegensatz dazu schrumpfen Städte oberhalb des *steady state* langsamer.³⁷⁴ Die wirtschaftliche Entwicklung hängt damit neben dem stochastischen Störterm von der städtischen Attraktivität, den Transportkosten und dem wirtschaftlichen Ausgangsniveau ab. Die zukünftige Beschäftigungsentwicklung als logarithmischer Differenz ($\ln N_{t+1} - \ln N_t$) ergibt sich aus der Kombination der Gleichungen,

$$\ln N_{t+1} - \ln N_t = b \ln A - a b \ln \tau_t - b \ln N_t + b \ln e_t. \quad (5.4)$$

5.1.3 Transportkosten, Verkehrsinfrastrukturausbau und Bevölkerung

Bisher beschreibt das Modell die Beziehung zwischen den Veränderungen in der Bevölkerungszahl und den Pendlerkosten. Gemäß dem oben definierten Untersuchungsziel ist jedoch das Wirtschaftswachstum zu quantifizieren, welches ausschließlich auf den Effekten der Verkehrsinfrastruktur selbst beruht. Damit ist die Verknüpfung zwischen den Pendler- bzw. Transportkosten und der Verkehrsinfrastruktur näher zu spezifizieren. Um diese Beziehung näher zu beschreiben, sind drei wesentliche Annahmen zu unterstellen:

- Unter sonst gleichen Bedingungen, sollten Pendlerkosten mit der wachsenden Stadtbevölkerung ansteigen, da sonst das bestehende Transportnetz überlastet wird.

³⁷⁴ Vgl. Glaeser, Gyourko (2005).

- Auch sollten Pendlerkosten mit zunehmender Ausbreitung des Verkehrsinfrastruktursystems fallen, so dass sich der Pendlerverkehr systematisch ausweitet und das Transportnetz weniger belastet wird.
- Weiterhin müssen Pendlerkosten innerhalb einer Stadt anhand des aggregierten technologischen Trends bemessen werden, wobei auch die Qualität alternativer Verkehrsträger und deren Preisentwicklung einzubeziehen sind.

In der Modellspezifikation wird damit explizit die Beziehung zwischen den Transportkosten, der Technologie, der Verkehrsinfrastruktur und dem wirtschaftlichen Wachstum berücksichtigt,

$$\tau_t = K_t R_t^{-c} N_t^d.$$

Dabei bemisst K_t die Qualität und die Ausbreitung der Transporttechnologie; R_t ist ein Maß für die Ausbreitung des Verkehrsinfrastrukturnetzes in der Stadt, also den regionalen Straßen- und Schienenkilometern. Die Konstanten c und d sind nicht-negativ. Die Beziehung ist damit in oben stehende Gleichung einzusetzen und zu logarithmieren,

$$\ln N_{t+1} - \ln N_t = b \ln A - a b \ln K_t + a b c \ln R_t - b (1 + a d) \ln N_t + b \ln e_t. \quad (5.5)$$

Nach Indexierung der Städte (i) und der Einbindung des Attraktivitätsmaßes (A), des wirtschaftlichen Wachstums (N_t) und der Erreichbarkeit (R_t) wird vereinfachend auf folgende Notationen abgestellt,

- $B_i \equiv b \ln A_i$ als eine stadtspezifische Konstante,
- $D_t \equiv a b \ln K_{it}$ als eine zeitspezifische Konstante,
- $\mu \equiv a b c$ als Infrastruktur-Elastizität bezüglich des Bevölkerungswachstums,
- $\lambda \equiv b (1 + a d)$ als Bevölkerungsgrößen-Elastizität bezüglich des Bevölkerungswachstums und
- $\varepsilon_{1it} \equiv b \ln e_{it}$ als zufällige Störgröße.

Die Konstante a kennzeichnet dabei den Gesamteffekt des Pendelns, b die Konvergenzrate und c die Transportkosten-Elastizität der Verkehrsinfrastruktur. Damit ist die Gleichung folgendermaßen zu vereinfachen,

$$\ln N_{t+1} - \ln N_t = B_i + \mu \ln R_{it} - \lambda \ln N_{it} - D_t + \varepsilon_{1it}. \quad (5.6)$$

Als Datenbasis für die abhängigen Variablen dienen der anfängliche und endgültige Bestand der Bevölkerung für die jeweilige Stadt, N_{it} und N_{it+1} . Die Differenz definiert die Wirkungsweise des ökonomischen Prozesses. Der Bestand der Verkehrsinfrastruktur wird zunächst mit R_{it} gleichgesetzt. Für die unbeobachteten stadtspezifischen Konstanten sind geeignete Kontrollvariablen zu verwenden. Das Modell stellt die Beziehung zwischen der wirtschaftlichen

Entwicklung und der Verkehrsinfrastruktur dar. Es ist davon auszugehen, dass die Verkehrsinfrastrukturvariable R_{it} mit einem möglichen Endogenitätsproblem behaftet ist. Diese Problematik wurde in der bisherigen ökonomischen Literatur vernachlässigt.³⁷⁵

Um einen passenden Schätzansatz zu formulieren, sind noch einige Schwierigkeiten zu beseitigen, die sich aus dem theoretischen Modell ergeben. Im Folgenden verwenden wir die vereinfachte Notation $n_{it} = \ln(N_{it})$ und $r_{it} = \ln(R_{it})$. Zunächst werden die Kontrollvariablen (x_i) als Funktion von beobachteten Einflussfaktoren für (stadtspezifische) Effekte B_i approximiert. Durch Konditionierung auf die unbeobachteten Stadteffekte erhöht sich die Anzahl der zu schätzenden Parameter mit der Anzahl der Spezifika. Dies ist also der Preis für eine stärkere Ausdifferenzierung des Ansatzes. Theoretisch ist möglich, dass die Verkehrsinfrastruktur auf die Beschäftigung positiv oder negativ wirkt. Plausibel erscheint eine Interdependenz zwischen beiden Variablen.

Die Schätzung muss der Möglichkeit Rechnung tragen, dass die Verkehrsinfrastruktur r_{it} mit der Zufallsvariablen ε_{1it} korreliert. Weiterhin ist zu beachten, dass Verzerrungen dadurch entstehen könnten, dass weitere Variablen, die Wirtschafts- bzw. Beschäftigungswachstum generieren, im Ansatz nicht berücksichtigt werden (*omitted variable bias*). Die Kontrollvariablen sind deshalb sorgfältig zu wählen.

Der Schätzansatz zur Messung der Effekte auf die wirtschaftliche Entwicklung ist folgendermaßen darzustellen,

$$n_{it+1} - n_{it} = A_1 + \mu r_{it} + \lambda n_{it} + c_1 x_i + \varepsilon_{1it}. \quad (5.7)$$

5.1.4 Effekte auf das Verkehrsinfrastruktursystem

Für die Schätzung wird unterstellt, dass das Verkehrssystem gegenwärtig durchaus zweckmäßig und kennzeichnend für die Stadt und die raumstrukturelle und -wirtschaftliche Effizienz ist. Da das Verkehrsnetz nicht in zufälliger Abhängigkeit zur Region steht, muss modelltheoretisch aufgezeigt werden, wie sich die Verkehrsinfrastruktur innerhalb einer Stadt im Laufe der Jahrzehnte entwickelt. Dazu sind folgende Eigenschaften und Wirkungen festzulegen:

- In der Annahme, dass alles andere gleich bleibt, ziehen wachsende Städte auch ein wachsendes Verkehrsinfrastrukturnetz nach sich.
- Eine Stadt mit einem größeren Infrastrukturnetz heute wird auch künftig ein größeres Verkehrsnetz haben.
- Das bestehende Verkehrsinfrastrukturnetz verliert grundsätzlich im Zeitablauf an Wert.
- Das Angebot von Verkehrsinfrastruktur kann in Abhängigkeit von zufälligen Schocks stehen, sei es beispielsweise durch Naturereignisse oder durch irgendwie geartete Zufälle in einem bestimmten Prozess.
- Das Angebot der Verkehrsinfrastruktur hängt von einigen bestimmten Merkmalen einer Stadt ab. Diese Kenngröße beschreibt die Schwierigkeit einerseits, die Infrastruktur zu

³⁷⁵ Vgl. Durlauf, Johnson, Temple (2005).

bauen oder auszubauen; andererseits kann es auch den anfänglichen Bestand der Verkehrsinfrastruktur zugrunde legen.

Konkret wird für die Infrastrukturentwicklung folgender Zusammenhang unterstellt:

$$R_{it+1} = e^{m_i + \varepsilon_{2it}} R_{it}^{1-\theta} N_{it}^{\eta}.$$

Das künftige Verkehrsinfrastrukturnetz hängt demnach von einem stadtspezifischen Einflussfaktor (e) und dem verkehrsinfrastrukturellen und dem wirtschaftlichen Ausgangsniveau ab, wobei $\theta, \eta \in (0,1)$ ist.

Wiederum sind Kontrollvariablen (x_i) als Funktion von beobachteten Einflussfaktoren für (stadtspezifische) Effekte m_i zu approximieren. Theoretisch könnte auch eine Korrelation zwischen der Verkehrsinfrastruktur r_{it} und dem Störterm ε_{2it} bestehen. Die Validität der Schätzung wäre in diesem Fall nicht sichergestellt.³⁷⁶ Dies gilt es dann im empirischen Teil zu überprüfen. Der folgende Ansatz beschreibt die Effekte auf die Veränderung des Verkehrsinfrastruktursystems,

$$r_{it+1} - r_{it} = A_2 + \theta r_{it} + \eta m_{it} + c_2 x_i + \varepsilon_{2it}. \quad (5.8)$$

Es seien mit z_i geeignete Instrumentvariablen bezeichnet. Die reduzierte Form des Modells lässt sich dann wie folgt beschreiben:

$$r_{it} = A_3 + c_3 n_{it} + c_4 x_i + c_5 z_i + \varepsilon_{3it}. \quad (5.9)$$

5.2 Modelltheorie und Schätzansätze für Deutschland

Für die vorliegende Arbeit wird ebenfalls angenommen, dass Märkte durch die Ausbreitung des Verkehrsnetzes zugänglicher gemacht werden und dadurch volkswirtschaftliches Wachstum zu bewirken ist. Implizit wird dazu das von Duranton und Turner entwickelte Modell um die für die Bereitstellung des Verkehrsinfrastruktursystems bewirkten Externalitäten weiterentwickelt. Die positiven externen Effekte lassen sich folgendermaßen kategorisieren:³⁷⁷

1. In den theoretischen Überlegungen wurde aufgezeigt, dass externe Effekte der Verkehrsinfrastruktur durch die Eigenschaft als öffentliches Gut auftreten können. Das Verkehrsinfrastrukturnetz ist zunächst als ein vom Staat bereitgestelltes öffentliches Gut zu verstehen, das konsumtiv genutzt wird, nicht-rival und nicht-ausschließbar ist.³⁷⁸ Im Konsum des öffentlichen Gutes ergibt sich keine Rivalität, wenn verschiedene Individuen, unabhängig von der Gesamtzahl der Nutzer, ohne jegliche Nutzenminderung zeitgleich darauf zurückgreifen können. Für das Infrastrukturnetz der Eisenbahnen muss die Nicht-Rivalität mit Sicherheit verneint werden. Dagegen ist die nicht-rivale konsumtive Nutzung des Straßenverkehrsnetzes möglich, solange es zu keinen Behinderungen anderer Verkehrsteilnehmer kommt. Weiterhin werden öffentliche Güter als nicht-ausschließbar definiert, wenn Nutzer des Verkehrsnetzes aus institutionellen, technischen, normativen, ökonomischen

³⁷⁶ Wiederum ist folgende Notation zu beachten: $n_{it} = \ln(N_{it})$ und $r_{it} = \ln(R_{it})$.

³⁷⁷ Vgl. Bertenrath, Thöne, Walter (2006), S. 15–22.

³⁷⁸ Auch kann die Nicht-Ausschließbarkeit durch die schwächere Form der Unwirtschaftlichkeit des Ausschlusses ersetzt werden, vgl. McKay (1989).

oder ökologischen Gründen nicht auszuschließen sind. Während für das Schienennetz die Eigenschaft der Nicht-Ausschließbarkeit unmittelbar zu verneinen ist, kann sie für das Straßennetz bejaht werden.³⁷⁹ Positive Externalitäten lassen sich damit insbesondere durch die Bereitstellung des Straßenverkehrsnetzes selbst erklären. Straßen werden konsumtiv genutzt, ohne die hierfür notwendigen Bereitstellungskosten zu entrichten. Wirtschaftssubjekte profitieren damit also durch die unmittelbare Nutzung (*free-rider*).³⁸⁰

2. Auch können positive Agglomerations- und Netzwerkexternalitäten dadurch generiert werden, dass sich die Wirk- und Aktionsradien (auch sämtliche Formen des Human- und Wissenskapitals) der Wirtschaftssubjekte durch die unmittelbare Verkehrsanbindung effizienter ausweiten können. Die höhere Attraktivität dieser Ballungsgebiete bewirkt wiederum einen stärkeren Zuzug von Arbeitskräften. Diese Arten der Externalitäten werden also durch die Innovations- und Technikdiffusion, das erhöhte Arbeitsangebot, die Ausweitung und Spezialisierung der Produktionsstruktur und den Strukturwandel verursacht.³⁸¹ Die Verkehrsinfrastruktur wirkt damit nicht durch die Dienstleistungen selbst, sondern indirekt durch die Verursachung der marktlichen Veränderungen. Das Produktionsniveau wird dabei ebenfalls unentgeltlich nach oben verschoben.³⁸² Die Agglomerations- und Netzwerkexternalitäten treten sowohl durch die Ausbreitung des Straßen- wie auch des Schieneninfrastruktursystems auf.³⁸³

Die Zusammenhänge machen deutlich, dass der (langfristige) Nutzenbeitrag umso höher ausfällt, je stärker sich das Verkehrsnetz als angebotsorientiertes öffentliches Gut charakterisiert. Anders ausgedrückt, je weniger ausgelastet die jeweiligen Streckenabschnitte sind, umso stärker realisieren sich positive Externalitäten. Unmittelbar ergibt sich daraus, dass alternative Finanzierungskonzepte – wie etwa Öffentlich-Private Partnerschaften (ÖPP) – erst ab einem bestimmten Auslastungsgrad der einzelnen Netzabschnitte und unter der Bedingung eines zunehmenden Verkehrsaufkommens als ökonomisch sinnvoll zu bewerten sind. Wird dagegen das Mautsystem in einer Höhe ausgestaltet, dass eine Privatisierung auf Grenzkostenniveau erfolgt, so wird sich ein neoklassisches Gleichgewicht einstellen. Externe Effekte sind dann allenfalls nur geringfügig zu realisieren.³⁸⁴

5.2.1 Ein modifiziertes Modell

Für den vorliegenden Ansatz ist also anzunehmen, dass externe Effekte durch die inländische Produktion entstehen bzw. auch begünstigt werden. Das vorliegende Modell hängt also – ganz im Gegensatz zu Duranton und Turner – nicht von Haushaltsentscheidungen, sondern vielmehr vom inländischen Arbeitskräftebedarf ab. Für eine einzelne Firma gilt folgende Nachfragefunktion:

³⁷⁹ Vgl. Musgrave (1966), S. 10.

³⁸⁰ Nach van Suntum (1986) sind jedoch aus der Theorie der öffentlichen Güter keine allokativen Schlüsse für den Bereich der Verkehrsinfrastruktur zu ziehen.

³⁸¹ In der Theorie der Infrastruktur werden Agglomerationsprozesse durch regionsspezifische Komponenten erklärt. Dazu werden Ausstattungsunterschiede hinsichtlich der öffentlichen Güter untersucht, vgl. Button (1998), S. 150.

³⁸² Vgl. Burckardt (2004), S. 19 ff.; Singer (1950), S. 476 ff.

³⁸³ Vgl. dazu Kapitel 3.3.2.1.

³⁸⁴ Vgl. Blum (2004), S. 384 f.

$$Y_{ir}^d = \lambda_{ir} \left(\frac{P_{ir}}{P} \right)^{-\varepsilon} \frac{M_r^\eta}{n}. \quad (5.10)$$

Dabei stellt M das Marktpotenzial in der Region r dar. In P_{ir} und P sind die firmenspezifischen und generellen Preise zu sehen. Die Parameter η und $\varepsilon > 1$ geben dabei die Einkommens- bzw. Nachfrageelastizitäten wieder. Das Marktpotenzial definiert sich durch die Anzahl und die Einkommen der Verbraucher wie auch durch die Zugangsbedingungen bzw. die Erreichbarkeiten der im Umland ansässigen Firmen. Dies zeigt auf, dass M_r positiv vom Infrastrukturkapital I_r abhängig ist,

$$M_r = M_r(I_r, \cdot). \quad (5.11)$$

Zur Produktion des Outputs benötigt eine Firma die Arbeit als einzigen Inputfaktor. Als Beschäftigungsbedingung ist dann

$$l_{ir} = a_{ir}(I_r) + \beta Y_{ir}(p_{ir}, I_r) \quad (5.12)$$

zu unterstellen. Anzunehmen ist, dass durch die Ausbreitung des Infrastrukturnetzes Nachbarschaftseffekte zustande kommen. Durch deren Firmen werden dann wiederum externe Effekte bewirkt, die dann unmittelbar auf den hiesigen Arbeitskräftebedarf Einfluss nehmen. Der erste Term der oben stehenden Gleichung steht dabei in negativer Abhängigkeit der Infrastruktur. Der zweite Term ist insoweit zu differenzieren, dass er in negativer Abhängigkeit zum Preis, dagegen in positiver Abhängigkeit zum Verkehrsnetz steht. Es wird dabei deutlich, dass die marginalen Kosten umso niedriger ausfallen, je besser die infrastrukturellen Anschlussbedingungen der Anbieter sind. Die Grenzkosten liegen demnach bei

$$C_{ir} = \beta W_r, \quad (5.13)$$

wobei W_r der regional zu erzielende Lohn ist. Der gewinnbringende Preis einer Firma definiert sich dabei durch einen Aufschlag auf die Grenzkosten,

$$p_{ir}^* = \frac{\varepsilon}{\varepsilon-1} \beta W_r. \quad (5.14)$$

Zu maximieren ist die folgende Gewinnfunktion:

$$\Pi_{ir}^* = p_{ir}^* Y_{ir} - W_r l_{ir} = \frac{\varepsilon \beta}{\varepsilon-1} W_r Y_{ir} - W_r (a_{ir} I_r - \beta Y_{ir}) = W_r \left(\frac{\beta Y_{ir}(p_{ir}^*, I_r)}{\varepsilon-1} - a_{ir}(I_r) \right). \quad (5.15)$$

Durch den freien Markteintritt ist dann die Nullgewinnbedingung zu unterstellen:

$$\beta Y_{ir}(p_{ir}^*, I_r) - (\varepsilon - 1) a_{ir}(I_r) = 0. \quad (5.16)$$

Aus der implizit definierten Funktion kann dann

$$\frac{\partial p_{ir}^*}{\partial I_r} = - \frac{\beta Y_{ir, I_r} - (\varepsilon-1) a_{ir, I_r}}{\beta Y_{ir, p_{ir}^*}} > 0 \quad (5.17)$$

bestimmt werden. Der optimale Preis hängt demnach positiv von der Infrastruktur ab. Damit ergibt sich die optimale Beschäftigung,

$$l_{ir}^* = a_{ir}(I_r) + \beta Y_{ir}(p_{ir}^*(I_r), I_r). \quad (5.18)$$

$$\begin{aligned}
\frac{\partial l_{ir}^*}{\partial I_r} &= a_{ir,I_r} + \beta Y_{ir,p}^* \frac{\beta Y_{ir,I_r} - (\varepsilon - 1) a_{ir,I_r}}{\beta Y_{ir,p}^*} + \beta Y_{ir,I_r} \\
&= a_{ir,I_r} + \beta Y_{ir,I_r} - (\varepsilon - 1) a_{ir,I_r} + \beta Y_{ir,I_r} \\
&= 2 \beta \eta \frac{Y_{ir}^d}{M} - (\varepsilon - 2) a_{ir,I_r} \\
Y_{ir}^d &= \lambda_{ir} \left(\frac{P_{ir}}{P} \right)^{-\varepsilon} M(I_r)_r^\eta \\
Y_{ir,I_r}^d &= \eta \lambda_{ir} \left(\frac{P_{ir}}{P} \right)^{-\varepsilon} M(I_r)_r^{\eta-1} = \eta \frac{Y_{ir}^d}{M}
\end{aligned} \tag{5.19}$$

Die optimale Arbeitsnachfrage in Abhängigkeit der Infrastruktur ist demnach positiv, sofern die Preiselastizität der Nachfrage entsprechend hoch ist, $(\varepsilon - 2)$. Im Falle einer relativ niedrigen Preiselastizität $(1 < \varepsilon < 2)$ hängt die in Abhängigkeit der Infrastrukturinvestitionen stehende Arbeitsnachfrage vom Nachfrageeffekt des ersten und vom Produktivitätseffekt des zweiten Terms der Gleichung (5.19) ab.

Im theoretischen Kontext wird also deutlich, dass der von den Infrastrukturinvestitionen ausgehende Effekt nicht per se positiv sein muss. Dies ist eben dann der Fall, wenn kein Produktivitätseffekt zustande kommt. Durch die angebotsseitige Struktur können dann externe Effekte einen positiven Wachstumsimpuls in den (neu) erschlossenen Regionen bewirken. Je stärker dagegen die Verkehrsnetze ausgelastet sind, desto wichtiger wird wiederum der private Nutzen. Denkbar ist dann, dass nur ein geringer Produktivitätseffekt auftritt. In diesem Zusammenhang zeigt sich also die Notwendigkeit, die ökonomischen Effekte sowohl in der kurzen wie auch in der langen Sicht zu identifizieren.³⁸⁵

5.2.2 Ökonometrischer Ansatz

Für den vorliegenden ökonometrischen Ansatz wird auf die in dem Modell aufgezeigten Parameter Bezug genommen, wobei wieder auf die Logarithmierung der Variablen abgestellt wird: $n_{it} = \ln N_{it}$ und $r_{it} = \ln R_{it}$. Das im theoretischen Modell aufgezeigte Wirtschaftswachstum definiert sich durch die logarithmierten Differenzen des Beschäftigungs- bzw. Lohnsummenwachstums, jeweils im Zeitraum von 1994 bis 2008. Die Schätzgleichung lautet

$$y_{r,2008} - y_{r,1994} = a_0 + a_1 l_{r,1994} + a_2 (i_{r,1994} - i_{r,t_0}) + \mathbf{X}_r \boldsymbol{\beta}_r^1 + \varepsilon_r^1. \tag{5.20}$$

Die abhängige Variable stellt also auf das Wirtschaftswachstum ab. Die erklärende Variable $i_{r,t}$ beschreibt das regional vorzufindende Infrastrukturnetz. Der $(k \times 1)$ Vektor \mathbf{X}_r steht für die exogene Kontrollvariable, das $\boldsymbol{\beta}_r$ wird mit den Parametern a_0 , a_1 und a_3 geschätzt. ε_r ist der stochastische Störterm, wobei r wiederum jeweils für den regionalen Bezug steht. Der Zeitpunkt t_0 spiegelt dabei die Daten des historischen Instruments wider. In Anlehnung an das ausgearbeitete Konzept können ebenfalls die Effekte identifiziert werden, die das Wachstum des Verkehrsinfrastruktursystems erklären. Es ist also nachzuvollziehen, welche allokativen

³⁸⁵ Vgl. Blum (2004), S. 384 f.

Wirkung das bestehende Infrastrukturnetz auf das Wachstum des künftigen Verkehrssystems hat,

$$i_{r,2008} - i_{r,1994} = \gamma_0 + \gamma_1 l_{r,1994} + \gamma_2 (i_{r,1994} - i_{r,t0}) + \mathbf{X}_r \boldsymbol{\beta}_r^2 + \varepsilon_r^2. \quad (5.21)$$

Die reduzierte Form definiert das verkehrsinfrastrukturelle Ausgangsniveau. Berücksichtigung findet dabei wieder die Instrumentvariable Z_r ,

$$i_{r,1994} - i_{r,t0} = \delta_0 + \delta_1 l_{r,1994} + \mathbf{X}_r \boldsymbol{\beta}_r^3 + \mathbf{Z}_r \boldsymbol{\beta}_r^4 + \varepsilon_r^3. \quad (5.22)$$

Die IV-Schätzung liefert dann empirisch fundierte Ergebnisse, wenn die verwendeten Instrumente den Bedingungen der Relevanz und Exogenität gerecht werden. Die IV-Schätzung beruht auf der Überlegung, dass die Regressoren mit den ersetzten Größen korrelieren (Identifikation, Relevanz). Die Instrumentvariable Z_r sollte also möglichst hoch mit der Verkehrsinfrastrukturvariablen i_{rt} korrelieren. Weiterhin sind die endogenen (mit den Störgrößen korrelierenden) erklärenden Variablen durch Regressoren zu ersetzen, die nicht mit den Störtermen ($\varepsilon_r^1, \varepsilon_r^2$) korrelieren (Exogenität). Die formalen Bedingungen lauten also:

$$\boldsymbol{\beta}_r^4 \neq 0$$

und

$$\text{Cov}(Z, \varepsilon_r^1) = 0,$$

$$\text{Cov}(Z, \varepsilon_r^2) = 0.$$

Mit einer solchen Instrumentvariablen wird die Annahmenverletzung des Regressionsmodells, d.h. die Korrelation zwischen der erklärenden Variablen und dem Störterm, aufgehoben.

5.3 Methodischer Aufbau

Um die Effekte empirisch zu untersuchen, verwenden wir zunächst die Methode der kleinsten Quadrate (Ordinary Least Squares – OLS). Dieser Schätzer bildet die Referenz im Modellierungsprozess. Sind jedoch im klassischen Regressionsmodell die erklärenden Variablen mit dem Störterm korreliert, dann sind die OLS-Schätzungen für die Parameter inkonsistent. Zudem ist die OLS-Schätzung nicht erwartungstreu. Der Grund dafür ist, dass die OLS-Schätzung gerade auf der Orthogonalität der erklärenden Variablen zu den Residuen beruht. In Bezug auf die Verkehrsinfrastruktur und das Wirtschaftswachstum bzw. die raumwirtschaftliche Entwicklung ist folgendes festzuhalten: Ein ökonometrisches Problem ergibt sich in der Simultaneität, wenn also Regressand und Regressoren wechselseitig voneinander abhängig sind. In früheren Studien wurde oft ohne weitere Tests unterstellt, dass keinerlei Korrelation insbesondere zwischen dem Störterm und den Regressoren besteht.³⁸⁶ Die Studie von Baum-Snow macht jedoch deutlich, dass Maßnahmen im Verkehrsbereich endogen in Bezug auf die wirt-

³⁸⁶ Vgl. Steen (1986); McMillen, McDonald (1998).

schaftliche Entwicklung sind. Verkehrsinfrastruktur und Wirtschaftswachstum sind interdependent.³⁸⁷ Um dem Endogenitätsproblem zu begegnen, können Instrumentvariablenschätzungen oder Systemschätzer Verwendung finden.

Bei der zweistufigen Methode der kleinsten Quadrate (Two-stage Least Squares – TSLS) als Spezialfall des Instrumentvariablen-Schätzers werden die endogenen Variablen durch gefittete Werte ersetzt, die sich durch die Regression der endogenen auf alle exogenen und prä-determinierten Variablen des Modells ergeben (1.Stufe). Das so modifizierte Modell lässt sich dann wieder konsistent mit OLS schätzen (2.Stufe). Als echte Systemschätzer lassen sich Maximum Likelihood Schätzer (ML-Schätzer) bzw. Limited Information Maximum Likelihood Schätzer (LIML-Schätzer) heranziehen. Das Verfahren setzt identifizierbare oder überidentifizierte Modelle voraus. Die asymptotische Verteilung von TSLS und LIML ist jedoch identisch. Das LIML Verfahren empfiehlt sich jedoch bei schwachen Instrumenten. Weiterhin kann eine zweistufige generalisierte Momentenmethode (Generalized Method of Moments – GMM) angewendet werden. In der dreistufigen Methode der kleinsten Quadrate (Three-stage Least Squares) wird die Korrelation der Störterme zwischen den Gleichungen einbezogen.

5.4 Datenbasis der empirischen Analyse

Ein optimal aufeinander abgestimmtes System ökonomischer, (sozio-)demographischer wie auch infrastruktureller Daten bzw. Variablen lässt nicht nur die zuverlässige Beschreibung der Kausalwirkungen zwischen Verkehrsinfrastruktur und Wirtschaftswachstum zu. Auch können die unterschiedlichen Wirkungskanäle wie regionale Marktattraktivität, Qualität bzw. Ausbreitung der Transporttechnologie und die demographische Entwicklung nachvollzogen werden. Die Daten sollten also zusätzlich die Wirkzusammenhänge der Versorgungs-, Wohn-, Differenzierungs-, Entleerungs- und Siedlungseffekte nachbilden können.³⁸⁸

Um die zeitliche Konsistenz der Untersuchung zu gewährleisten, muss eine konsistente Datenbasis über einen möglichst langen Zeitraum hergestellt werden. Dabei bedarf es einiger Anpassungen, da sich beispielsweise die politisch-administrativen Grenzen im Zeitablauf verändert haben. Die Untersuchungen werden trotz der für Ostdeutschland eingeschränkten Datenlage für Gesamtdeutschland durchgeführt. In allen Ansätzen wird die Interdependenz zwischen der Erreichbarkeit und der wirtschaftlichen Entwicklung auf NUTS-1- und NUTS-3-Ebene getestet, da die infrastrukturellen und wirtschaftlichen Gegebenheiten aufgrund unterschiedlicher wirtschaftlicher, soziodemographischer, aber auch politischer Handlungsmuster schon regional untereinander divergieren können. Zugleich können zeitliche Differenzierungen vorgenommen werden. Für die Panelanalyse spricht damit, dass die Vorteile sowohl der Zeitreihen- wie auch der Querschnittsanalyse zu vereinen sind. Damit lassen sich aus kurzen Zeiträumen dynamische Effekte, also Kurz- und Langfristbeziehungen identifizieren. Zudem kann die invariante unbeobachtete Heterogenität der räumlichen Einheiten berücksichtigt werden. Allerdings scheitert eine Panelanalyse an der Verfügbarkeit der Daten für die Verkehrsinfrastruktur in der erforderlichen räumlichen Untergliederung. Diese Daten liegen nur für die historischen Zeitpunkte 1890 (Bahndaten) bzw. 1937 (Autobahnen und Reichstraßen) sowie für

³⁸⁷ Vgl. Baum-Snow (2007a).

³⁸⁸ Vgl. Frey (1979).

die Jahre 1994 und 2008 vor. Es bietet sich somit an, eine Querschnittsanalyse mit historischen Instrumentvariablen durchzuführen, in die jedoch eine Vielzahl aktueller und verzögerter Kontrollvariablen aufgenommen wird.

Im Folgenden werden in Bezug auf die oben aufgezeigten Schätzansätze die Zusammenhänge der in dieser Arbeit interessierenden Variablen benannt. Gleichzeitig wird beschrieben, welche Anforderungen an die Daten gestellt werden und welche grundsätzliche Problematik sich bei der Aufbereitung ergibt. Die detaillierte Darstellung der berücksichtigten Variablen erfolgt in den Tabellen. Die Daten für Beschäftigung und Lohnsummen wurden vom Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) bereitgestellt. Zusätzlich wurden Datensätze vom Bundesamt für Statistik, den landesweiten Ministerien, Instituten und Ämtern sowie aus der Datenbasis INKAR des Bundesamtes für Bauwesen, Städtebau und Raumordnung (BBSR) herangezogen. Die Angabe der Quellen, insbesondere der in den Tabellen aufgezeigten und für die Untersuchung relevanten Variablen, erfolgt separat im Anhang. Besonderen Aufwand erforderten die für die IV-Schätzung verwendeten Instrumente. Dafür wurden historisches Kartenmaterial für Schienen- und Straßenpläne mit einem Geoinformationssystem in digitalisierte Bilder umgewandelt. Diese Bilder wurden in die Gebietseinheiten des Jahres 2008 projiziert.

5.4.1 Berücksichtigung der Kreisreformen

Änderungen in den Gebietsständen durch vorgenommene Landkreisfusionen oder -teilungen erschweren aufgrund des inkonsistenten Datensatzes den historischen Vergleich. Im Jahre 1951 zählte zum Beispiel das frühere Bundesgebiet 558, 1961 dann 566, 1990 nur noch 328 und 2010 wieder 412 Stadt- und Landkreise. Die Anzahl der Gemeinden reduzierte sich dabei von 1960 bis 2010 von 24.496 auf 11.442. Gebietsreformen wurden seit der Wende insbesondere in Ostdeutschland durchgeführt. So gab es 1994 in den alten Bundesländern 91 kreisfreie Städte und 237 Landkreise. Die neuen Länder zählten hingegen 24 kreisfreie Städte und 87 Landkreise. Im Jahre 2008 gab es im früheren Bundesgebiet (ohne Berlin – West) 89 kreisfreie Städte, während die Anzahl der Landkreise gleich blieb. Die östlichen Bundesländer (ohne Berlin – Ost) setzten sich dagegen aus 22 kreisfreien Städten und 64 Landkreisen zusammen.³⁸⁹ Die folgende Tabelle zeigt nochmals die Entwicklung der Zahl der kreisfreien Städte und Landkreise im Zeitraum von 1991 bis 2011 auf.

Tabelle 4

Anzahl der kreisfreien Städte und Landkreise von 1991 bis 2011

Bundesrepublik	kreisfreie Städte	Landkreise	kreisfreie Städte	Landkreise	kreisfreie Städte	Landkreise
	31.12.1991		31.12.2001		31.12.2011	
Westen (ohne Berlin – West)	91	237	90	237	88	237
Osten (ohne Berlin – Osten)	26	189	26	86	18	58

Quelle: Bundesamt für Statistik, Entwicklung der Zahl der kreisfreien Städte und Landkreise in den einzelnen Bundesländern, Wiesbaden 2012.

³⁸⁹ Vgl. Bundesamt für Statistik, Entwicklung der Zahl der kreisfreien Städte und Landkreise in den einzelnen Bundesländern, Wiesbaden 2012.

In der Zusammenstellung der Daten waren damit die Veränderungen der politisch-administrativen Grenzen zu berücksichtigen. Die Aufbereitung erfolgte mit Hilfe von Zuordnungs- bzw. Korrespondenztabelle. Dadurch konnten die unterschiedlichen Zeitpunkte wie auch die Art der ökonomischen, (sozio-)demographischen und infrastrukturellen Veränderungen über den gesamten Untersuchungszeitraum auf Landkreisebene festgehalten werden. Die Zuordnungstabelle dient zugleich der Identifikation und Deklaration der Variablen. Für die Schätzungen werden damit sämtliche Daten dem Gebietsstand von 2008 angepasst.

5.4.2 Verwendete Variablen

In der vorliegenden Arbeit werden die Kausalwirkungen und -richtungen zwischen den Indikatoren im Zeitraum von 1994 und 2008 untersucht. Die Wahl der unterstellten Jahre erfolgt keineswegs willkürlich. Nach der Wiedervereinigung mussten zunächst wichtige Verkehrsverbindungen zwischen Ost- und Westdeutschland wiederhergestellt werden. Weiterhin erfolgten teils starke Abwanderungs- und Ansiedlungsprozesse, die auch beträchtliche Auswirkungen auf die hiesigen Arbeitsmärkte hatten. In diesem Zusammenhang ist auch zu erkennen, dass sich ein gemeinsamer Trend zwischen den BIP-Wachstumsraten und der Personen- und Güterverkehrsleistung herausbildet. Gleichzeitig ergibt sich die Notwendigkeit, einen möglichst langen Untersuchungszeitraum zu unterstellen, um kurzfristige marktwirtschaftliche Schwankungen ausgleichen zu können.

5.4.2.1 Abhängige Variablen

Zur Untersuchung des logarithmierten Wirtschaftswachstums wird auf die Gleichungen (5.7) und (5.20) Bezug genommen. Als abhängige Variablen dienen dabei die Beschäftigungs- und die Lohnsummenentwicklung, jeweils im Zeitraum von 1994 bis 2008 (Tabelle 5). In der gesamtwirtschaftlichen Betrachtung ist die Beschäftigung insbesondere von der Produktion auf Marktebene und dem Zusammenwirken von Angebot und Nachfrage (sowohl bei Haushalten als auch im Unternehmenssektor) abhängig. Die Steigerung der Wertschöpfung erklärt sich dann durch einen Beschäftigungsanstieg, wenn die Nachfragesteigerung stärker als die Zunahme der Arbeitsproduktivität ist. Als Bestimmungsfaktoren dieser Produktivität gelten mitunter der technologische Fortschritt und die regional mögliche Faktorsubstitution (verstärkter Kapitaleinsatz). Für die Finanzplanung und die Umsetzung politischer Vorhaben ist außerdem von Bedeutung, ob Beschäftigungszuwächse unter dem Einfluss der Verkehrsinfrastruktur in Hochlohn- oder Niedriglohngebieten zu verzeichnen sind. Insofern kommt auch der Beobachtung der Lohnsummen eine große Bedeutung zu. Gleichzeitig gelingt es, die regionalen Wohlfahrtseffekte zu identifizieren. Um die allokativen Wirkung des Verkehrssystems zu beobachten, werden auch die Veränderungen der Infrastruktursysteme spezifiziert ((5.8) und (5.21)). Dabei wird derselbe Untersuchungszeitraum zugrunde gelegt (Tabelle 5). Schon in der Datenaufbereitung wurde deutlich, dass in den Ballungsgebieten des Westens zwar Erreichbarkeitsverbesserungen stattgefunden haben. Verstärkt wurden jedoch notwendige Erhaltungsmaßnahmen getroffen. Stärkere Erreichbarkeitszuwächse sind hingegen in den peripheren Regionen des Westens sowie in den gesamten ostdeutschen Gebieten nachzuweisen. Im europäischen Vergleich weist Deutschland eines der engmaschigsten Verkehrsnetze auf.

Tabelle 5
Übersicht über die abhängigen Variablen auf NUTS-3-Ebene

Indikatoren	Variable	Zeitraumen
Arbeit	Beschäftigung	1994 – 2008
Wohlstand	Bruttoinlandsprodukt Lohnsumme	1994 – 2008
Verkehrsnetz	Schienenkilometer(-dichte) Autobahnkilometer(-dichte) Bundesstraßenkilometer(-dichte)	1994 – 2008

5.4.2.2 Unabhängige Variablen

In den Schätzgleichungen werden die erklärenden Variablen als logarithmierte Niveaugrößen aus dem Jahr 1994 berücksichtigt. Neben den Kontrollgrößen Beschäftigung und Verkehrsinfrastruktur werden gleichermaßen ökonomische wie auch (sozio-)demographische Indikatoren herangezogen. Die Kategorie der Demographie setzt sich zusammen aus Einwohner gesamt, Einwohner männlich, Einwohner weiblich, Anzahl der Haushalte, Personen pro Haushalt, Wohndichte und Siedlungen. Wirtschaftsgeschichtliche Zusammenhänge machen deutlich, dass während des Baus sowohl des Straßen- wie auch des Schienenverkehrsinfrastruktursystems keine langfristigen wirtschaftlichen Entwicklungsphasen antizipiert wurden. Vielmehr spielte die gegenwärtige ökonomische Aktivität die entscheidende Rolle. Um diesen Ansatz auch ökonometrisch sicherzustellen, sind die historischen Bevölkerungsstände (getrennt nach Geschlecht) der letzten Jahrzehnte zu berücksichtigen. Es geht also auch darum, die Beziehung zwischen den ökonomischen Variablen und den demographischen Einflussgrößen nachzuvollziehen. In den Daten zeigen sich dabei starke Siedlungsstruktureffekte, sowohl innerhalb, aber insbesondere auch zwischen Ost- und Westdeutschland. Tabelle 6 veranschaulicht die Bevölkerungsverteilung in den Landesteilen zwischen 1939 und 2010.

Tabelle 6
Bevölkerungsentwicklung in Deutschland nach Landesteilen im Zeitraum von 1939 bis 2010

Bevölkerung	1939	1961	1970	1987	1995	2010
Westen	40.240.819	53.993.850	58.534.988	59.070.582	64.171.639	65.425.769
Osten	19.428.851	19.202.078	19.226.488	18.667.882	17.645.859	16.325.833
Summe	59.669.670	73.195.928	77.761.476	77.738.464	81.817.498	81.751.602

Quelle: Bevölkerung gemäß Volkszählungen/ Jahrbüchern der DDR, Bevölkerung gemäß Fortschreibung des Bevölkerungsstandes des Bundes und der Länder, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), Stand: 31.12.2010.

Im Hinblick auf die Altersstruktur zeigen sich deutliche Verschiebungen. Während sich beispielsweise der Anteil der unter 30-Jährigen reduzierte, nahm der Anteil der über 30-Jährigen verhältnismäßig stark zu. Der demographische Wandel hat einen starken Einfluss auf den Arbeitsmarkt. So ist das Qualifikationsniveau der jüngeren Bevölkerung tendenziell höher als das

der älteren Bevölkerungsschicht. Langfristig steigt damit der Bildungsgrad.³⁹⁰ Die Ausdifferenzierung der Alters- und Qualifikationsstruktur in der Variablendefinition wird damit evident.³⁹¹ Neben den Qualifikationsniveaus wie Studium und Lehre werden zudem Lohnsummen berücksichtigt. Interessant in diesem Zusammenhang ist die Unterteilung nach Wirtschaftsbereichen und Sektoren. Zudem werden Kennzahlen zur Armuts- bzw. Wohlstandsentwicklung wie Arbeitslosenquote und Bruttoinlandsprodukt herangezogen. Der Grundgedanke liegt darin, dass bei einer hohen Arbeitslosigkeit auch andere erklärende Variablen unterausgelastet sein könnten. Natürlich ist auch von der Annahme auszugehen, dass unterschiedliche Regionen unterschiedliche Entwicklungspotenziale haben und dabei auch verschiedene Entwicklungsstadien durchlaufen. Zur näheren Spezifizierung und Charakterisierung werden die administrativen Gebietseinheiten auch in ihrer (flächenmäßigen) Größe berücksichtigt. Insbesondere kann das übergeordnete Straßennetz als Instrument der Flächenverkehrsbedienung verstanden werden. Auch lassen sich mit Flächenvariablen gesondert die Effekte in kreisfreien Städten nachvollziehen. Die Besonderheit der Großstädte ergibt sich darin, dass sie über eine verhältnismäßig kleine Fläche, aber dennoch über ein tendenziell stark ausgebautes Verkehrsnetz verfügen. Es könnten sich demnach etwaige Sättigungseffekte identifizieren lassen. Die Relevanz der Großstädte wird auch dadurch deutlich, dass sich ein Dichtegefälle der Siedlungs- bzw. Beschäftigungs- und der Verkehrsfläche vom Zentrum in Richtung Peripherie abzeichnet.

Tabelle 7
Übersicht über die unabhängigen Variablen auf NUTS-3-Ebene

Indikator	Variable	Zeitraumen
Arbeit	Erwerbstätigkeit	1960 – 1994
	Beschäftigung	
	Beschäftigungsdichte	
Wohlstand	Lohnsumme	
	Bruttoinlandsprodukt	
	Arbeitslosenquote	
Verkehrsnetz	Schienenkilometer(-dichte)	1890 – 1994
	Autobahnkilometer(-dichte)	
	Bundesstraßenkilometer(-dichte)	
	Landesstraßenkilometer(-dichte)	
	Kreisstraßenkilometer(-dichte)	
Demographie	Bevölkerung	1939 – 1994
	Bevölkerungsdichte	
	Einwohner männlich	
	Einwohner weiblich	
	Einwohner nach Altersstruktur (20 – 29 Jahre; 30 – 59 Jahre; 60 – 79 Jahre; ab 80 Jahre)	
	Haushalte	
	Personen pro Haushalt	
Bildung	Lehre	1980 – 1994
	Studium	
Wohnen	Wohndichte	1950 – 1994
	Siedlungsdichte	
Raumsystem	Fläche in km ²	1994

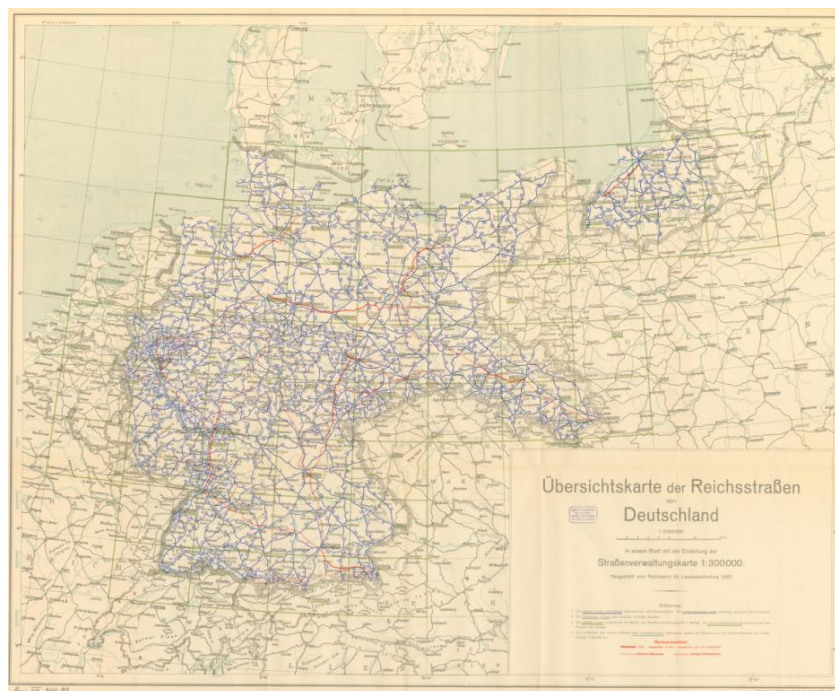
³⁹⁰ Siehe dazu auch Anhang B, Statistik der Hauptvariablen.

³⁹¹ Zu den empirischen Effekten, sowohl sinkender Einwohnerzahlen als auch der Altersstruktur, vgl. Eckstein (2006); Tivig, Hetze (2007); Kelley, Schmidt (2005).

5.4.2.3 Die Konstruktion der Instrumente für die Infrastrukturvariablen auf der Grundlage historischer Daten

Um den kausalen Effekt der Verkehrsentwicklung auf die Wirtschaftsentwicklung der Regionen zu bestimmen, sind Instrumente erforderlich. Es bietet sich an, hierfür historische Datensätze heranzuziehen. Für die Erhebung der Erreichbarkeitsdaten des historischen Schienennetzes wird die in Kapitel 2.6 aufgezeigte Bahnkarte aus dem Jahr 1890 zugrunde gelegt. Zusätzlich werden zwei weitere Instrumente entwickelt. Diese beruhen auf dem Reichsautobahn- und dem Reichsstraßennetz, jeweils von 1937 (Abbildung 9). Um die Daten zu erheben, werden die Papieraufzeichnungen des Schienen- und Straßennetzes mit dem Geoinformationssystem ArcGIS³⁹² in ein digitalisiertes Bild umgewandelt. Die Karte ist dabei in dasselbe Format und in dieselbe Projektion einer heutigen Karte zu überführen. Dazu erfolgt zunächst eine Korrektur des Plans nach dem Bezugsmeridian. Die Daten sind in das geodätische Referenzsystem einzupassen (geokodieren). Der Datensatz orientiert sich damit in Bezug auf die Realwelt. Damit ist die spätere Umrechnung der abgegriffenen Koordinaten in Realweltkoordinaten möglich. Weiterhin sind die geometrischen Verzerrungen in den Datensätzen zu eliminieren (rektifizieren). Dadurch gelingt die Realweltauswertung der Daten. Die Schätzungen erfolgen auf möglichst disaggregierter Ebene. Dazu wird die georeferenzierte Aufzeichnung in die NUTS-1- und NUTS-3-Ebene von 2008 eingebettet. Als Digitalisierungsgrundlagen gelten die georeferenzierten Aufzeichnungen der historischen Verkehrswege und die vorbereitete Geodatabase (Digitalisierdatensatz). Für die Digitalisierung selbst wird dann der optimale Arbeitsmaßstab festgelegt. Die Abbildungen 10 bis 12 veranschaulichen die für die Datenerhebung notwendigen Arbeitsschritte.

Abbildung 9
Reichsstraßennetz aus dem Jahr 1937



Quelle: Reichsamt für Landesaufnahme, 1937.

³⁹² Vgl. ArcGIS 9, ArcEditor 9.3.1 and Extensions, ESRI, 380 New York.

Abbildung 10

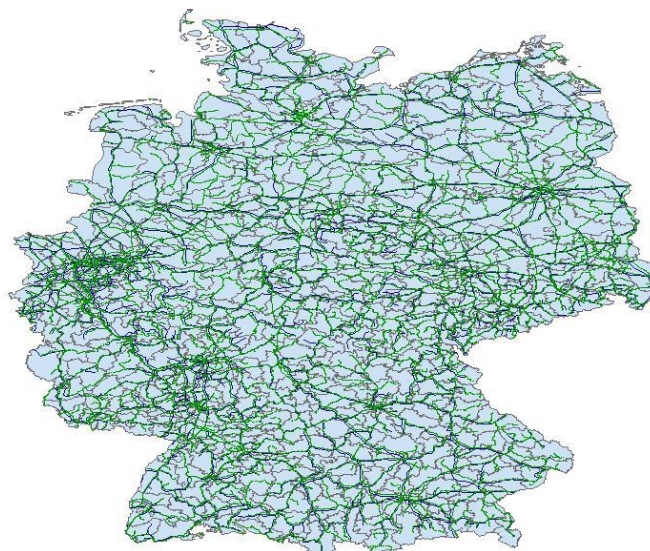
Georeferenzierte und interpolierte Schienenkarte von 1890, NUTS-1- und NUTS-3-Ebene



Zu beachten ist, dass die Karten von 1890, 1937 und 2008 verschiedene Koordinaten- und Bezugssysteme haben. Beispielsweise wird zumeist das geodätische Datum historischer Karten durch das Deutsche Hauptdreiecksnetz (DHDN)³⁹³ definiert und bezieht sich auf das Bessel-Ellipsoid (auch Bessel 1841; große Halbachse = 6377397,15508 m; kleine Halbachse = 6356078,96290m).³⁹⁴ Für die Schienenkarten von 1994 und 2008 gilt hingegen das World Geodetic System 1984 (WGS 84; große Halbachse = 6378137,00000 m; kleine Halbachse = 6356752,31425 m) als geodätisches Referenzsystem. Eine Transformation (Skalierung, Rotation und Translation) kann mittels Matrizen durchgeführt werden.

Abbildung 11

Digitalisierte Schienennetze von 1890 (schwarz) und 2008 (grün), NUTS-3-Ebene



³⁹³ Die Punktbestimmung des DHDN erfolgte seit dem 19. Jahrhundert durch Triangulation.

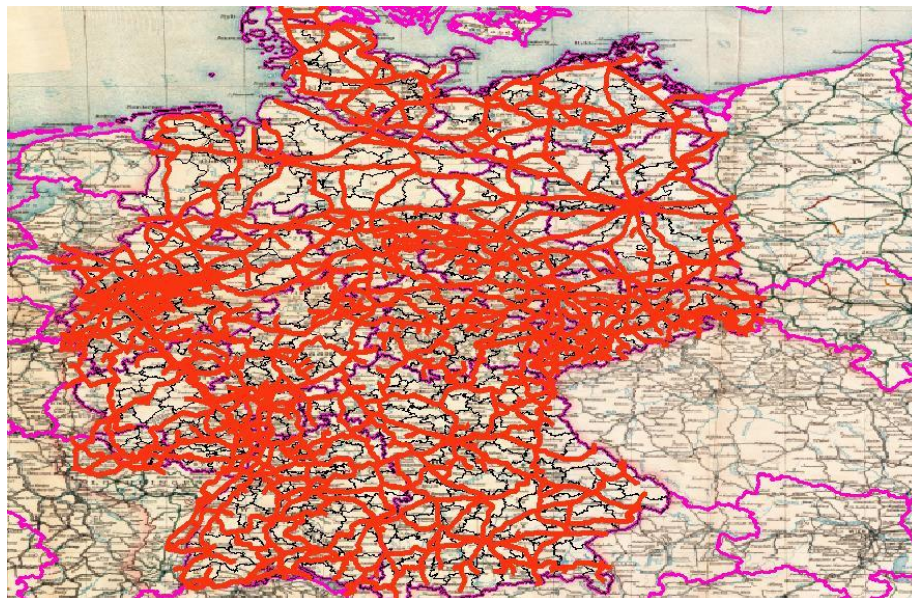
³⁹⁴ Durch die überwiegend astrogeodätische Vermessung in Europa und Indien bestimmte der Wissenschaftler Friedrich Wilhelm Bessel (1784 – 1846) das Bessel-Ellipsoid. Dieser galt lange Zeit als Grundlage der Landesvermessung im europäischen Raum.

5.4.2.4 Plausibilität der Instrumente

Die in den Schätzansätzen zu berücksichtigenden Instrumente basieren also auch auf unterschiedlichen Verkehrssystemen. In diesem Zusammenhang kann auf eine Aussage Hoffmanns verwiesen werden. Dieser beschreibt, dass aus historischer Sicht die Wirtschaftsstruktur das Schieneninfrastruktursystem bestätigt, jedoch die umgekehrte Kausalität im Bereich der Straßeninfrastruktur zu beobachten sei.³⁹⁵ Im analytischen Teil ist also auch zu untersuchen, ob alleine schon durch die Wahl und die Kombination der einzelnen Instrumente unterschiedliche Kausalrichtungen und -wirkungen berücksichtigt werden müssen. Um die Verwendung der unterschiedlichen Instrumente näher plausibilisieren zu können, ergibt sich die Notwendigkeit, neben dem Schienennetz von 1890 (Abschnitt 2) auch das Reichsautobahn- und Reichsstraßennetzes von 1937 im rein wirtschaftsgeschichtlichen Kontext nach den Kriterien der Relevanz und Exogenität auf ihre Eignung als Instrumentvariablen hin zu überprüfen.

Abbildung 12

Digitalisiertes Schienennetz von 1890, NUTS-1- und NUTS-3-Ebene



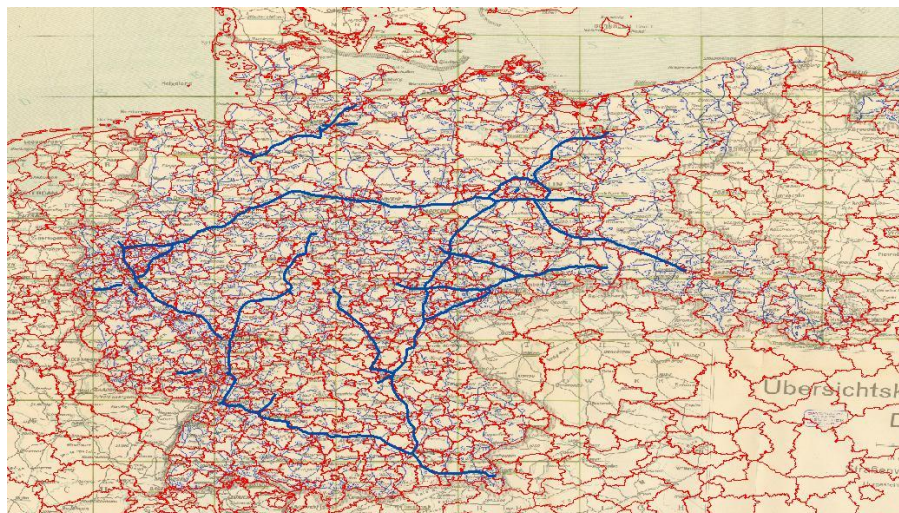
a.) Reichsautobahnnetz von 1937 – Relevanz und Exogenität

Zwischen den historischen Reichsautobahnen von 1937 und dem heutigen Bundesautobahnnetz bestehen enge Zusammenhänge, die sich auch historisch begründen lassen. Im Jahre 1909 wurde in Berlin eine Verkehrs- und Übungsstraßen GmbH gegründet, deren Ziel es war, eine Autobahn im Südwesten Berlins zu Übungs- und Rennzwecken zu bauen. Wegen des Ersten Weltkrieges wurde deren Fertigstellung erst 1921 erreicht. Sie wurde nach den Hauptbuchstaben der Gesellschaft Avus benannt (Automobil-, Verkehrs- und Übungsstraße GmbH) und primär durch private Geldmittel finanziert. Seit den 1920er Jahren wurden dann insbesondere Nord-Süd-Verbindungen geplant und gebaut. Dabei wurde der Abschnitt zwischen Halle und Leipzig in den Ausbauplänen berücksichtigt. 1924/25 gründete sich dann eine Gesellschaft für den Bau von Automobilstraßen und 1926 ein Verein, HAFRABA genannt, der sich

³⁹⁵ Vgl. Hoffmann (1961), S. 143.

zum Ziel setzte, die Städte Hamburg, Frankfurt und Basel mit einer Autobahn zu verbinden.³⁹⁶ Von 1929 bis 1932 wurde der Autobahnabschnitt Köln-Bonn gebaut. Am 27.6.1933 ist dann ein eigenes Gesetz zur Errichtung von weiteren Autobahnstrecken erlassen worden. Damit waren in Deutschland die ersten Voraussetzungen für den Bau von Langstrecken geschaffen. Als die HAFRABA-Verbindung in der Region von Frankfurt bereits fertiggestellt war, übernahm die Gesellschaft zur Vorbereitung der Reichsautobahnen (GEZUVOR) die Führung in der Planung von weiteren Langstrecken. Als Richtlinie galt, den Bau eines gesamten Reichsstraßennetzes voranzubringen. Abbildung 13 weist nach, dass das bis 1937 aufgezeichnete Autobahnnetz alle Landesteile miteinander verband. Nur in Richtung Osten lassen sich zunächst noch Abbrüche erkennen. Der Grund ist darin zu sehen, dass sich die polnische Regierung wehrte, eine extritoriale deutsche Autobahnverbindung durch Posen nach Ostpreußen zuzulassen. Das Autobahnssystem zeigt einerseits bereits gebaute Verbindungsstrecken, andererseits künftig fertig zu stellende Abschnitte. Der Plan macht deutlich, dass versucht wurde, die Nord-Süd-Strecke Stettin-Berlin-Halle-Nürnberg-München bis vor Salzburg umzusetzen. Grundlegendes Ziel war von Beginn an, Großzentren verschiedener Landesteile miteinander zu verbinden. Die westliche Nord-Süd-Verbindung bildet den Abschnitt Göttingen-Frankfurt-Stuttgart. Während die Streckenlänge für das realisierte und geplante Reichsautobahnnetz über 3.600 km betrug, ist es bis Anfang der 1990er Jahre auf über 8.500 km und bis 2010 auf über 12.500 km gewachsen. Aus wirtschaftsgeschichtlicher Sicht kann die Relevanz des Reichsautobahnnetzes von 1937 für das heutige Infrastruktursystem bestätigt werden. Der statistische Zusammenhang wird auch nochmal durch die in Tabelle 8 stehenden Korrelationskoeffizienten nachgewiesen: Zum einen weist der Koeffizient von 0,4454 nach, dass zwischen den Autobahnnetzen von 1937 und 1994 eine starke Relevanz besteht. Zum anderen zeigt sich aber auch ein starker Zusammenhang zwischen den historischen Verkehrsnetzen. So liegt der Koeffizient für das Bundesstraßennetz von 1937 und das Schienensystem von 1890 bei 0,7925.

Abbildung 13
Digitalisiertes Reichsautobahnnetz von 1937, NUTS-3-Ebene



³⁹⁶ Der Hafraba-Verein legte sogar einen der ersten Entwürfe für ein gesamtdeutsches Autobahnnetz vor, vgl. Kaf-tan (1950).

Tabelle 8

Korrelationen für die das Infrastrukturnetz beschreibenden Variablen, West- und Ostdeutschland

	Autobahn 1937	Autobahn 1994	Schiene 1890	Bundesstraße 1937
Autobahn 1937	1,0000			
Autobahn 1994	0,4454	1,0000		
Schiene 1890	0,3279	0,3489	1,0000	
Bundesstraße 1937	0,2885	0,3223	0,7925	1,0000

Quelle: Eigene Berechnungen; NUTS-3-Regionen, Gebietsstand von 2008; Variablen in Kilometern.

Es lässt sich zwar festhalten, dass der Plan von 1937 einen eminenten Einfluss auf das heutige Netz der Bundesautobahnen hatte. Jedoch ergeben sich im historischen Kontext keine Anhaltspunkte dafür, dass in irgendeiner Weise beabsichtigt wurde, einen modernen Pendlerverkehr zu schaffen. Die geplanten Netzpläne der Reichsregierung wie auch des HAFRABA-Vereins waren häufig kurzfristigen und dabei sogar starken Änderungen unterworfen. Beispielsweise erfolgte die geplante Linienführung zwischen Mannheim-Stuttgart im Jahr 1934 über Heilbronn, 1935 wurde die Verbindung dagegen über Karlsruhe realisiert. Eine völlige Umgestaltung der Linienführung wurde sogar im Bereich Frankfurt vorgenommen. Dies macht deutlich, dass in keiner Weise versucht wurde, auf das Beschäftigungswachstum oder die regionale ökonomische Entwicklung langfristig Einfluss zu nehmen. Vielmehr dienten den Planungen gegenwärtige politische und ökonomische Unternehmungen. Auch aus arbeitsmarktpolitischer Sicht ist dieses Argument zu bekräftigen. Die Regierungen seit der Weimarer Republik hatten sich immer wieder mit dem Dauerproblem Arbeitslosigkeit befassen müssen. Nicht nur die totale Inflation von 1923 und die Weltwirtschaftskrise von 1929 zwangen die Regierung zum Handeln, sondern auch die Belastungen durch Putschversuche und den Versailler Vertrag. Arbeitsbeschaffungsmaßnahmen konnten zur Beruhigung der wenig demokratisch geprägten Verhältnisse beitragen. Der Straßenbau konnte kurzfristig die Arbeitslosigkeit senken und damit zur Beruhigung exzessiver politischer Ereignisse verhelfen. Auch wird in der Propagandazeitschrift der damaligen Regierung auf das Großprojekt des Reichsautobahnbaus und die dadurch bewirkte Reduzierung der Arbeitslosigkeit hingewiesen. Die angekündigten Maßnahmen wurden von der Öffentlichkeit wie auch parteiintern mit Wohlwollen aufgenommen. Zur Beschäftigung möglichst vieler Arbeitsloser wurde zudem versucht, den Maschineneinsatz so niedrig wie möglich zu halten. Dies zeigt, dass auch hier keineswegs langfristige wirtschaftliche Überlegungen angestellt wurden. Die tatsächliche Wirkung der Autobahn-Baumaßnahmen der Nationalsozialisten auf dem Arbeitsmarkt war aber angeblich sehr gering. Vahrenkamp gibt die Anzahl der Beschäftigten mit lediglich 125.000 an.³⁹⁷ Mit diesem Programm ließen sich jedoch militärische Ziele, wie mögliche Aufmärsche gegen die Nachbarstaaten erfolgreich kaschieren. Das Argument, dass das Militärwesen schon von Beginn an eine wichtige Rolle einnahm, lässt sich mit der „Braunen Denkschrift“ belegen, die der Straßenbauingenieur Fritz Todt Adolf Hitler vorgelegt hatte. Darin wurde die Notwendigkeit der Autobahnen für militärische Vorhaben deutlich.³⁹⁸ Zum Demonstrationsprojekt für die Propaganda-Überlegungen wurde die Eröffnung des Teilabschnitts Frankfurt-Darmstadt. Das aus militärstrategischen Be-

³⁹⁷ Vgl. Vahrenkamp (2008), S. 13, 21.

³⁹⁸ Vgl. Kornrumpf (1990), S. 73 ff.

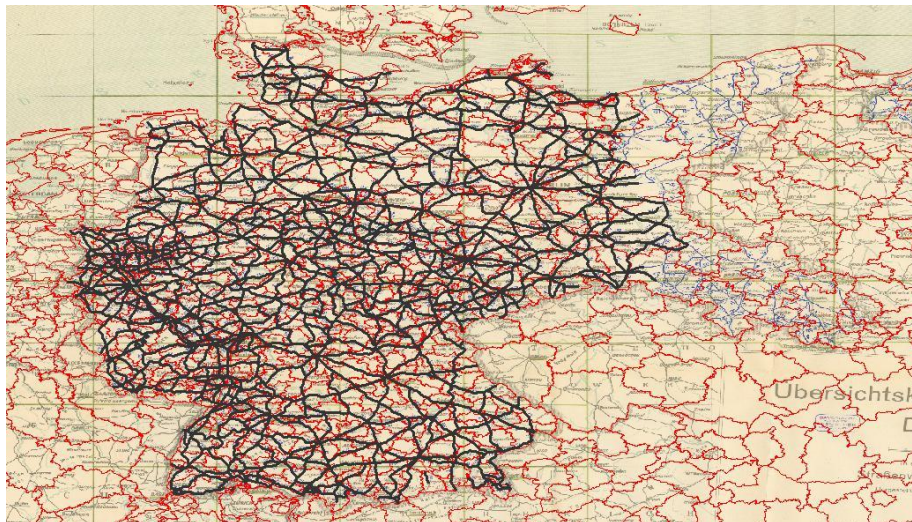
weggründen konzipierte Autobahnnetz bekam erst im Herbst 1936 „amtlichen Charakter“, indem es im Vierjahresplan explizit Berücksichtigung fand. Ab 1937 wurden auf Kosten bisher geplanter Streckenabschnitte dann verstärkt Ost-West-Verbindungen ausgebaut. Damit ergab sich wiederum eine kurzfristige Änderung des Programms von 1936, das der nun zum Generalinspektor ernannte Fritz Todt auf der Grundlage des Vierjahresplans vorgegeben hatte.³⁹⁹ Wirtschaftsgeschichtliche Argumentationsansätze sprechen damit für die Exogenität des oben dargestellten Reichsautobahnplans.

b.) Reichsstraßennetz von 1937 – Relevanz und Exogenität

Mit dem Gesetz vom 26.03.1934 wurden Staats- und Provinzialstraßen mit großer Verkehrsbedeutung in das sogenannte Reichsstraßennetz überführt. Die Linienführung wurde damit nicht neu geplant bzw. bestimmt, sondern es wurden bereits bestehende Streckenabschnitte aus dem dichten Landstraßennetz gezielt ausgewählt.⁴⁰⁰ Bis heute ergibt sich eine vierstufige Gliederung des Straßennetzes, kategorisiert nach Verwaltungseinheiten und Verkehrsbedeutung. Dazu gehören die Kreisstraßen, Landstraßen, Bundesstraßen (früheren Reichsstraßen) und Bundesautobahnen (früheren Reichsautobahnen). Parallel zum oben aufgezeigten Argument (Schienenplan von 1890) lässt sich auch für den Bereich der Straßeninfrastruktur nachweisen, dass Regionen mit einem ausgeprägten historischen Straßennetz auch heute über ein starkes Verkehrsinfrastruktursystem verfügen. Insbesondere wird dies in Großstädten wie Berlin deutlich. Die Relevanz des Instruments wird beim Vergleich zwischen dem Reichsstraßennetz von 1937 mit über 30.500 km (Abbildung 14) und dem Bundesstraßennetz Anfang der 1990er Jahre mit etwa 40.000 km deutlich.

Abbildung 14

Digitalisiertes Reichsstraßennetz von 1937, NUTS-3-Regionen



³⁹⁹ Vgl. Lärmer (1975), S. 131 ff.

⁴⁰⁰ Vgl. Voigt (1965), S. 450.

Für die Exogenität des Instruments sprechen wiederum einige wirtschaftsgeschichtliche Gesichtspunkte. Aus rein historischer Sicht deutet sich schon an, dass keineswegs ein systematisches Verkehrsnetz mit Blick auf eine langfristige Wirtschaftsentwicklung entstanden ist. Hassert beschreibt das historische Straßennetz als planlos und willkürlich entstandenes Wegenetz, aus dem durch einen Entwicklungs- und Aussonderungsprozess im Laufe von Jahrzehnten ein zweckmäßiges, flächenübergreifendes Liniensystem hervorgegangen ist.⁴⁰¹ Diese Behauptung ist mit Sicherheit stark zu relativieren. Dennoch, das Reichsstraßensystem kann als Instrument der Flächenverkehrsbedienung definiert werden, dessen Netzgestaltung nicht auf langfristige Überlegungen zurückzuführen ist. Die Streckenführung selbst verlief von Anfang an möglichst geradlinig, um eine geringe Entfernung zwischen Handelsstandorten gewährleisten zu können.⁴⁰² Wegen den wirtschaftlichen und politischen Gegebenheiten wurden unterschiedliche Straßennetzplanungen unterbreitet. In Deutschland wurde ein Vorschlag von Christian Lüder aus dem Jahr 1779 zur Kenntnis genommen, der ein deutsches Überlandstraßennetz vorschlug und damit zur Überwindung der damals gegebenen deutschen Zersplitterung beitragen sollte. In Bezug auf die ganzheitliche und gleichmäßige Raumerschließung greift der Plan bereits Ansätze des heutigen Bundesstraßennetzes auf.⁴⁰³ Dieser, aber auch nachfolgende Entwurfgrundlagen wurden teils abgeändert oder auch kurzfristig überarbeitet. Insbesondere ab den frühen 1920er Jahren musste das gesamtdeutsche Liniensystem den Anforderungen des steigenden motorisierten Verkehrs gerecht werden. Auch dazu legten die im Jahre 1924 gegründete Studiengesellschaft für Automobilstraßenbau wie auch der Deutsche Straßenbauverband verschiedene Netzpläne vor, die immer wieder modifiziert wurden. Dies zeigt, dass auch hierbei Überlegungen insbesondere hinsichtlich der kurzfristigen ökonomischen Aktivität angestellt wurden. Mit dem Gesetz vom 26.03.1934 und der Überführung des Reichsstraßensystems in die Reichsverwaltungsebene werden zugleich auch militärstrategische Interessen deutlich. Parallel zum oben aufgezeigten Argument lässt sich auch für das Bundesstraßensystem nachweisen, dass Regionen mit einem ausgeprägten historischen Straßennetz heute über ein starkes Verkehrsinfrastruktursystem verfügen. Im gesamtdeutschen Vergleich weisen zugleich wirtschaftsstärkere Regionen ein stark ausgeprägtes Reichsstraßennetz von 1937 auf.

⁴⁰¹ Vgl. Hassert (1931), S. 151.

⁴⁰² Vgl. Birk (1934), S. 108.

⁴⁰³ Vgl. Lüder (1779).

6 Kausalität zwischen Verkehrsinfrastruktur und Wirtschaftswachstum

In der vorliegenden Arbeit wird als Referenz zunächst auf die OLS-Schätzung abgestellt. Das Verfahren wird auch dafür herangezogen, um Informationen über relevante Kontrollvariablen sowie die Spezifikation der Schätzgleichung zu gewinnen. In einem zweiten Schritt wenden wird dann unter Verwendung historischer Instrumentvariablen das Schätzverfahren der TSLS-Methode an. In beiden Ansätzen wird die Interdependenz zwischen der Erreichbarkeit und der wirtschaftlichen Entwicklung auf NUTS-3-Ebene getestet.

Um zu kontrollieren, welche erklärenden Variablen die abhängige Variable signifikant beeinflussen, erfolgt eine systematische Variation in der Spezifikation. Als Untersuchungsgebiete dienen zunächst die Regionen im gesamtdeutschen Raum, also innerhalb West- und Ostdeutschlands. Zur Identifikation der Effekte erscheint als sinnvoll, die Schätzwerte des von Duranton und Turner aufgezeigten Modells mit denen der in Kapitel 5 vorgestellten alternativen Modellbildung zu vergleichen. Damit lässt sich zugleich auch die Robustheit der Ergebnisse beurteilen. Anschließend erfolgt die Untersuchung mit den als relevant befundenen Variablen und Spezifikationen für den westdeutschen Raum. Dadurch können insbesondere räumliche und raumprägende (sozio-)ökonomische Unterschiede ausgearbeitet werden.

6.1 Statistische Probleme

Der Forschungsstand macht deutlich, dass in den Überlegungen auch kritische Erwägungen zu treffen sind, die etwa stochastische Prozesse und serielle Heteroskedastie (inkonstante Fehlervarianz) angehen. Insbesondere ist auch der Gedanke plausibel, dass Interdependenzen zwischen den Gebietseinheiten nachzuweisen sind. So könnte das statistische Problem der räumlichen Autokorrelation auftreten. Durch diesen Modelldefekt erscheinen zwar die ermittelten Koeffizienten noch immer erwartungstreu, sie sind jedoch ineffizient.⁴⁰⁴ Dann könnten die relevanten Signifikanzniveaus fehlinterpretiert werden. Allerdings würde die Berücksichtigung räumlicher Abhängigkeiten angesichts der Vielzahl weiterer methodischer Probleme den Rahmen dieser Arbeit sprengen.

Bezüglich der Spezifikation des Schätzansatzes bestehen Unsicherheiten. Aufgrund dieser wird in der Spezifikation die unabhängige Variable der Verkehrsinfrastruktur zunächst (in Anlehnung an Duranton und Turner) in logarithmierten Niveaugrößen, dann jedoch auch (unter Berücksichtigung des für Deutschland ausgearbeiteten Modells) in logarithmierten Differenzen geschätzt. Bei letzterem Ansatz ist zwar an den in früheren Studien oftmals angeführten Kritikpunkt zu denken, die Langfrist-Effekte der erklärenden Variablen wären dadurch nicht zu identifizieren. Diesem Argument begegnet jedoch die inhärente Beziehung des unterstellten Schätzansatzes selbst, da vorliegend ausschließlich die durch das Verkehrsnetz induzierten und nicht die durch Investitionen begünstigten Effekte zu quantifizieren sind. Das Ziel ist dabei,

⁴⁰⁴ Vgl. Bauer, Fertig, Schmidt (2009). Nichtstationaritäten in den Zeitreihen lassen sich durch die Tests von Levin und Pesaran nachweisen, vgl. Levin et al. (2002); Pesaran (2003). Zur Überprüfung von Heteroskedastizität und Autokorrelation kann auf den Breusch-Pagan- oder den White-Test zurückgegriffen werden, vgl. Breusch, Pagan (1980); White (1980). Die statistischen Probleme sind auch durch den Durbin-Watson- oder den Breusch-Godfrey LM-Test nachzuweisen, vgl. Durbin, Watson (1950); Breusch (1978); Godfrey (1978). Um die Indikatorvariablen zu kontrollieren, kann im Rahmen der OLS-Schätzungen der Breusch-Pagan-Test durchgeführt werden. Einen geringen Nutzen hat es dagegen, bei Vorliegen von endogenen Regressoren nach Breusch und Godfrey zu testen.

durch die vorgenommenen Variationen in der Spezifikation in beiden Schätzansätzen entsprechende Robustheit nachzuweisen. Im Fokus stehen also die jeweilige Modellgüte sowie die Ergebnisse einschlägiger Tests.

Auch ist anzunehmen, dass sich die räumlichen Effekte des Infrastrukturnetzes innerhalb der Bundesrepublik aufgrund der unterschiedlichen Bevölkerungszahlen, der Qualifikationsniveaus, aber auch der hiesigen Gegebenheiten der Landkreise voneinander unterscheiden können. Demzufolge ist es unerlässlich, Urbanisierungs- bzw. Suburbanisierungsmuster, wie auch landkreis- und bundeslandspezifische Indikatoren mit zu berücksichtigen und deren Wirkungen zu kontrollieren. Insbesondere mit letzteren Kontrollen gelingt es, (gegebenenfalls auch) zeitinvariante Verschiedenheiten zwischen den Regionen aufzugreifen. Die Ansätze finden sich auch in einer für Deutschland erstellten Studie wieder. Demnach führt Stephan aus, dass die Berücksichtigung bundeslandspezifischer Unterschiede, die über einen bestimmten Zeithorizont als konstant angenommen werden können, essentiell für eine korrekte Schätzung sein könnten.⁴⁰⁵

6.2 Infrastruktur und Wirtschaftswachstum in West- und Ostdeutschland

Zu Beginn werden die Effekte innerhalb des gesamten Bundesgebietes, also unter Berücksichtigung von West- und Ostdeutschland untersucht. Dieses Vorgehen verhilft zum Verständnis des methodischen Ansatzes. Gleichzeitig gelingt aber auch die Plausibilisierung der Gesamtzusammenhänge. Um die Interdependenz zwischen der Verkehrsinfrastruktur und der wirtschaftlichen Entwicklung zu beobachten, erfolgt der Bezug zu den in Kapitel 5 ausgearbeiteten Modellen. Die Systematik des Vorgehens ist darin zu sehen, dass die Schätzgleichungen durch die sukzessive Berücksichtigung verschiedener Kontrollen entsprechend ausdifferenziert werden. Als Hauptregressoren stehen dabei im Fokus die Beschäftigung wie auch die Verkehrsinfrastruktur(-entwicklung). In Tabelle 9 werden die Daten ausgewählter Infrastrukturvariablen dargestellt. Die Auswahl der Kontrollvariablen erfolgt dabei insbesondere durch die Beurteilung der Signifikanz der Regression, durch Beurteilung der Signifikanz des Einflusses des aufgenommenen Regressors auf die erklärte Variable und des Anteils der durch die Regression erklärten Varianz.

⁴⁰⁵ Vgl. Stephan (1997, 2001).

Tabelle 9

Deskriptive Statistiken der Verkehrsinfrastrukturvariablen auf NUTS-3-Ebene, West- und Ostdeutschland

Variable	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Fläche in km ²	862,9268	634,5801	35,71	3058,08
Autobahn 1937 (km)	8,721466	15,19919	0,0	126,298
Autobahn 1994 (km)	28,16056	27,10751	0,0	164,0
Autobahn 2008 (km)	31,08152	25,98521	0,0	142,0
Autobahndichte 1937	16,64951	48,87267	0,0	838,5901
Autobahndichte 1994	58,92060	87,70672	0,0	904,8604
Autobahndichte 2008	60,55966	84,39301	0,0	1282,248
Bundesstraße 1937 (km)	73,68568	49,60788	0,0	250,1
Bundesstraße 1994 (km)	101,6652	69,74003	0,0	372,4
Bundesstraße 2008 (km)	96,46005	68,2696	0,0	400,2
Bundesstraßendichte 1937	117,7763	88,77795	0,0	1181,231
Bundesstraßendichte 1994	156,7406	137,2238	0,0	1933,816
Bundesstraßendichte 2008	144,1774	118,1094	0,0	1907,359
Schiene 1890 (km)	68,68988	50,37742	3,833781	316,2393
Schiene 1994 (km)	109,9554	78,09595	3,860959	454,704
Schiene 2008 (km)	101,0243	69,1486	3,860959	378,104
Schienenendichte 1890	118,8373	106,9711	7,340952	1428,6
Schienenendichte 1994	180,1942	148,414	13,43369	1907,778
Schienenendichte 2008	166,3715	133,219	13,43369	1735,425

Quelle: Eigene Berechnungen; NUTS-3-Regionen, Gebietsstand von 2008.

6.2.1 OLS-Schätzungen

Ausgangspunkt der statistischen Analyse ist die OLS-Regression. Dabei wird zum einen das Beschäftigungswachstum in Abhängigkeit der Infrastruktur beobachtet. Zum anderen ist zu analysieren, welche allokativen Wirkung der frühere Verkehrsinfrastrukturausbau auf das Wachstum des künftigen Infrastruktursystems hat. Die in Tabelle 10 ausgewiesenen Koeffizienten werden auf Basis der Modellgleichungen von Duranton und Turner ermittelt. Die Infrastrukturvariable wird dabei als logarithmierte Niveaugröße aus dem Jahr 1994 berücksichtigt. Die Schätzung der Gesamtzusammenhänge erfolgt also ausschließlich in Niveaugrößen. Im Unterschied dazu beruht die Schätzung der nachfolgenden Tabelle auf dem auf der Neuen Ökonomischen Geographie (NÖG) beruhenden Alternativmodell. Die Verkehrsinfrastrukturvariable wird dabei als logarithmierte Differenz von 1937 bis 1994 berücksichtigt (Tabelle 11). Die nachstehenden Übersichten gliedern sich jeweils in Teiltabellen: Die Teiltabellen A beziehen sich auf die Schätzgleichungen (5.7) und (5.20). Abhängige Variable ist demnach die logarithmierte Beschäftigung im Zeitraum von 1994 bis 2008. In Teiltabelle B wird dagegen beobachtet, welchen Einfluss das bestehende Verkehrsinfrastrukturnetz auf das Verkehrsinfrastrukturwachstum über einen Zeitraum von 14 Jahren hat. Herangezogen werden dazu die Schätzgleichungen (5.8) und (5.21).

Um die Zusammenhänge zu analysieren, werden beide Schätzmodelle um jeweils identisch gewählte Kontrollvariablen erweitert. Damit gelingt es, die Validität der unterschiedlichen Modelle nachzuvollziehen. Gleichzeitig können aber auch die für den vorliegenden Untersuchungsauftrag relevanten Kontrollen aufgeschlüsselt werden.

Tabelle 10

Wachstum der Beschäftigung und Entwicklung des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, Modellansatz von Duranton und Turner, OLS-Schätzung, West- und Ostdeutschland

Modell von Duranton und Turner	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
A: Beschäftigungswachstum, $n_{it+1} - n_{it}$						
ln (Autobahnkilometer ₁₉₉₄)	0,867 ^a (0,157)	0,783 ^a (0,153)	0,790 ^a (0,148)	0,729 ^a (0,149)	0,686 ^a (0,163)	0,686 ^a (0,163)
ln (Beschäftigung ₁₉₉₄)	-4,332 ^a (0,758)	-4,702 ^b (1,883)	-7,442 ^a (2,029)	-5,092 ^b (2,040)	-4,220 ^b (2,052)	-4,220 ^b (2,052)
R-Quadrat	0,57	0,61	0,62	0,64	0,68	0,68
B: Verkehrsnetzentwicklung, $r_{it+1} - r_{it}$						
ln (Autobahnkilometer ₁₉₉₄)	-0,259 ^a (0,048)	-0,262 ^a (0,049)	-0,263 ^a (0,049)	-0,265 ^a (0,050)	-0,261 ^a (0,049)	-0,261 ^a (0,049)
ln (Beschäftigung ₁₉₉₄)	-0,079 (0,085)	-0,308 (0,318)	-0,250 (0,309)	-0,161 (0,306)	0,014 (0,352)	0,014 (0,352)
R-Quadrat	0,27	0,27	0,27	0,27	0,33	0,33
Kontrollvariablen						
{ ln (Bevölkerung) } $t \in 1939, \dots, 1970$	N	J	J	J	J	J
Sozioökonomische Kontrollen	N	N	J	J	J	J
ln (Fläche)	N	N	N	J	J	J
Bundesländer	N	N	N	N	J	J
Kreistypen	N	N	N	N	J	J
Urbanisierung	N	N	N	N	N	J
Suburbanisierung	N	N	N	N	N	J

Notation: ln (X) = nat. Logarithmus der Variablen X. Konstanten werden nicht ausgewiesen. a, b, c signifikant bei Signifikanzniveau von 1 %, 5 %, 10 %. In Klammern: Standardfehler; Unabhängige Verkehrsinfrastrukturvariable – ln Autobahnkilometer₁₉₉₄ (Niveau); Teiltabelle A: Abhängige Variable – $\Delta_{1994, 2008}$ ln Beschäftigung. Teiltabelle B: Abhängige Variable – $\Delta_{1994, 2008}$ ln Autobahnkilometer.

Tabelle 11

Wachstum der Beschäftigung und Entwicklung des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, Alternativspezifikation, OLS-Schätzung, West- und Ostdeutschland

Alternativspezifikation	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
A: Beschäftigungswachstum, $y_{rt+1} - y_{rt}$						
ln (Autobahnkilometer _{1937, 1994})	0,543 ^a (0,116)	0,529 ^a (0,112)	0,555 ^a (0,111)	0,491 ^a (0,111)	0,488 ^a (0,117)	0,488 ^a (0,117)
ln (Beschäftigung ₁₉₉₄)	-2,417 ^a (0,732)	-4,346 ^b (1,944)	-7,274 ^a (2,076)	-5,001 ^b (2,078)	-4,171 ^b (2,081)	-4,171 ^b (2,081)
R-Quadrat	0,56	0,60	0,62	0,64	0,68	0,68
B: Verkehrsnetzentwicklung, $i_{it+1} - i_{it}$						
ln (Autobahnkilometer _{1937, 1994})	-0,114 ^a (0,026)	-0,111 ^a (0,026)	-0,112 ^a (0,026)	-0,114 ^a (0,027)	-0,129 ^a (0,027)	-0,129 ^a (0,027)
ln (Beschäftigung ₁₉₉₄)	-0,614 ^a (0,131)	-0,369 (0,344)	-0,280 (0,341)	-0,206 (0,342)	-0,056 (0,370)	-0,056 (0,370)
R-Quadrat	0,15	0,15	0,15	0,15	0,24	0,24
Kontrollvariablen						
{ ln (Bevölkerung) } _{t ∈ 1939, ..., 1970}	N	J	J	J	J	J
Sozioökonomische Kontrollen	N	N	J	J	J	J
ln (Fläche)	N	N	N	J	J	J
Bundesländer	N	N	N	N	J	J
Kreistypen	N	N	N	N	J	J
Urbanisierung	N	N	N	N	N	J
Suburbanisierung	N	N	N	N	N	J

Notation: ln (X) = nat. Logarithmus der Variablen X. Konstanten werden nicht ausgewiesen. a, b, c signifikant bei Signifikanzniveau von 1 %, 5 %, 10 %. In Klammern: Standardfehler; Unabhängige Verkehrsinfrastrukturvariable – $\Delta_{1994, 2008}$ ln Autobahnkilometer (Differenz); Teiltabelle A: Abhängige Variable – $\Delta_{1994, 2008}$ ln Beschäftigung. Teiltabelle B: Abhängige Variable – $\Delta_{1994, 2008}$ ln Autobahnkilometer.

Den Ausgangspunkt der Regressionen stellen die in Spalte 1 aufgezeigten Spezifikationen dar. Es werden also zunächst keine Kontrollen herangezogen. Darauf aufbauend werden in Spalte 2 als raumprägende Einflussfaktoren historische Bevölkerungsstände aus den Jahren 1950, 1961 und 1970 berücksichtigt.⁴⁰⁶ Es wird deutlich, dass historische Bevölkerungsdaten tendenziell starken Einfluss auf den Beschäftigungskoeffizienten nehmen. Tests deuten auf einen multikollinearen Zusammenhang zwischen der Beschäftigung und der Bevölkerung hin. Damit lässt sich auch die Erhöhung der Standardfehler erklären. Dieses Problem verschärft sich sogar noch, sobald sozioökonomische Kontrollen in Form von Studienabschlüssen aus dem Jahr 1994 mit berücksichtigt werden (Spalte 3). In Spalte 4 wird der Effekt unter Berücksichtigung der logarithmierten Fläche miteinbezogen. In Spalte 5 erfolgt die Ausdifferenzierung der Ansätze durch die Kontrollen von 13 Bundesland- und 8 Kreistyp-Dummies. In Spalte 6 werden Urbanisierungs- und Suburbanisierungsindikatoren mit berücksichtigt. Hierbei ergeben sich jedoch keine signifikanten Änderungen.

⁴⁰⁶ Zu Beginn wurde auch der regionale Bevölkerungsstand aus dem Jahr 1939 berücksichtigt. In Folge der Ausdifferenzierung der Ansätze konnte hierfür jedoch später keine Signifikanz mehr nachgewiesen werden.

Die Tabellen 10 und 11 machen deutlich, dass die Bestimmtheitsmaße erwartungsgemäß ansteigen, je mehr Kontrollen berücksichtigt werden. Die Koeffizienten nehmen aufgrund der Ausdifferenzierung dagegen ab.

Sowohl mit dem Schätzansatz von Duranton und Turner als auch mit der für den vorliegenden Untersuchungsauftrag relevanten Alternativspezifikation lässt sich nachweisen, dass der Erklärungsgehalt der historischen Bevölkerungsstände, der sozioökonomischen Variablen wie auch der Bundesland- und Kreistyp-Dummies hoch ist. Außerdem geben die Schätzwerte Rückschlüsse hinsichtlich der Effekte, die innerhalb von Stadt- und Landkreisen auftreten. So zeigt sich, dass große wirtschaftsstarke Regionen langsamer, dagegen Gebiete mit hoher Verkehrsinfrastrukturausstattung tendenziell schneller wachsen. Der Gesamtzusammenhang lässt sich ebenfalls auf die NUTS-2- und NUTS-1-Ebene übertragen. Dieser Konnex macht deutlich, wie Regionen wachsen und sich dabei wirtschaftlich entwickeln können.

Die Teiltabellen A der oben dargestellten Modellansätze zeigen auf, dass der Koeffizient der Verkehrsinfrastruktur Schwankungen von nur 0,686 bis 0,867 (Tabelle 10) bzw. 0,488 bis 0,555 (Tabelle 11) unterliegt. Er bleibt also weitestgehend stabil. Der Beschäftigungseffekt ist dagegen wesentlich instabiler (−4,220 bis −7,442 bzw. −2,417 bis −7,274). Im Übrigen sind die Infrastruktorkoeffizienten in der Tabelle 10 (Niveauspezifikation) höher als in Tabelle 11 (Spezifikation auf Basis der relativen Veränderung). Dies lässt möglicherweise vermuten, dass die Wachstumswirksamkeit tendenziell abnimmt, je längere Zeiträume unterstellt werden.

Die Teiltabellen B der Tabellen 10 und 11 weisen aus, dass in beiden Modellansätzen der Verkehrsinfrastrukturbestand einen negativen und gleichzeitig hoch signifikanten Einfluss auf das weitere Wachstum des Infrastruktursystems hat. Dies bedeutet, dass der bisherige Ausbau des Verkehrsnetzes zu einem geringeren Wachstum des künftigen Verkehrssystems führt. In diesen Zusammenhängen wird also empirische Evidenz gefunden, inwieweit auch das Verkehrsnetz Einfluss auf die polyzentrische Entwicklung nimmt. Die Ergebnisse legen demnach nahe, dass dort, wo schon eine gute Infrastruktur vorhanden ist (wie in Ballungsräumen), weniger stark ausgebaut wird. Es ist zu beobachten, dass das Wachstum umso stärker zurückgegangen ist, je höher das regionale Ausgangsniveau der Infrastrukturausstattung ist. NUTS-3-Regionen mit niedriger Infrastrukturausstattung konnten also über die Zeit stärkere Erreichbarkeitsverbesserungen verzeichnen. Im Hinblick auf die polyzentrische Entwicklung ist dieser Zusammenhang plausibel. Die Ausstattungsgrade der regionalen Verkehrssysteme innerhalb der NUTS-3-Regionen nähern sich also über den Untersuchungszeitraum einander an.

6.2.2 Sensitivität der Erststufenschätzungen

Um nachzuvollziehen, inwieweit die hier verwendeten historischen Instrumente das infrastrukturelle Ausgangsniveau erklären können, sind zunächst Erststufenschätzungen vorzunehmen. Die im Folgenden ausgewiesenen Schätzansätze weisen Regressionen hinsichtlich des Zusammenhangs der Variablen der $\ln(\text{Autobahnkilometer}_{1994})$ und $\ln(\text{Autobahnkilometer}_{1937, 1994})$ und der drei historischen Autobahn-, Bundesstraßen- und Schienenverkehrsnetze auf. Um die Effekte zu identifizieren, werden die Schätzgleichungen (5.9) und (5.22) herangezogen. In Anlehnung an das Konzept der OLS-Schätzung wird jeweils auf dieselbe Spezifikation Bezug

genommen. Damit gelingt die Beobachtung der Sensitivität der Schätzungen. Diese Darstellung hat zwar zunächst nur deskriptiven Charakter, gleichwohl dienen die Zusammenhänge dem Verständnis der Güte der in der IV-Schätzung zu verwendenden Instrumente.

Tabelle 12

Erststufenschätzung: Modellansatz von Duranton und Turner, Alternativspezifikation, West- und Ostdeutschland

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
Modell von Duranton und Turner						
Abhängige Variable: Autobahnnetz von 1994 (r_{it})						
In (Autobahnkilometer ₁₉₃₇)	0,240 ^a (0,034)	0,241 ^a (0,035)	0,240 ^a (0,034)	0,239 ^a (0,034)	0,223 ^a (0,040)	0,223 ^a (0,040)
In (Bundesstraßenkilometer ₁₉₃₇)	0,114 (0,205)	0,177 (0,204)	0,175 (0,203)	0,196 (0,214)	0,172 (0,241)	0,172 (0,241)
In (Schienenkilometer ₁₈₉₀)	0,729 ^b (0,299)	1,061 ^a (0,351)	1,108 ^a (0,365)	1,186 ^a (0,440)	1,006 ^b (0,433)	1,006 ^b (0,433)
R-Quadrat	0,23	0,26	0,26	0,26	0,33	0,33
Alternativspezifikation						
Abhängige Variable: Autobahnnetzentwicklung von 1937 bis 1994 ($i_{rt} - i_{rt0}$)						
In (Autobahnkilometer ₁₉₃₇)	-0,759 ^a (0,034)	-0,758 ^a (0,035)	-0,759 ^a (0,034)	-0,760 ^a (0,034)	-0,776 ^a (0,040)	-0,776 ^a (0,040)
In (Bundesstraßenkilometer ₁₉₃₇)	0,114 (0,205)	0,177 (0,204)	0,175 (0,203)	0,196 (0,214)	0,172 (0,241)	0,172 (0,241)
In (Schienenkilometer ₁₈₉₀)	0,729 ^c (0,299)	1,061 ^a (0,351)	1,108 ^a (0,365)	1,186 ^a (0,440)	1,006 ^b (0,433)	1,006 ^b (0,433)
R-Quadrat	0,54	0,56	0,56	0,56	0,60	0,60
In (Beschäftigung) ₁₉₉₄	J	J	J	J	J	J
{ In (Bevölkerung) } _{t ∈ {1939, ..., 1970}}	N	J	J	J	J	J
Sozioökonomische Kontrollen	N	N	J	J	J	J
In (Fläche)	N	N	N	J	J	J
Bundesländer	N	N	N	N	J	J
Kreistypen	N	N	N	N	J	J
Urbanisierung	N	N	N	N	N	J
Suburbanisierung	N	N	N	N	N	J

Konstanten werden nicht ausgewiesen. a, b, c signifikant bei Signifikanzniveau von 1 %, 5 %, 10 %. In Klammern: Standardfehler.

Die oben aufgezeigten Regressionsansätze weisen nach, dass die logarithmierten Autobahnkilometer jeweils hoch signifikant sind. Sowohl der Koeffizient wie auch der Standardfehler bleiben – auch in Folge von Spezifikationsänderungen – weitestgehend konstant. Der Informationsgehalt dürfte dagegen zwar bei den logarithmierten Reichsstraßenkilometern bei weitem nicht so hoch sein. Daraus darf jedoch keinesfalls der Schluss gezogen werden, dass das Reichsstraßennetz als Instrumentvariable nicht geeignet ist. Vielmehr gilt es, dessen Signifikanz und Relevanz infolge von weiteren Spezifikationsänderungen näher zu überprüfen. Auffällig ist, dass der Erklärungsgehalt der logarithmierten Schienenkilometer von 1890 fast sprunghaft steigt, sobald historische Bevölkerungsdaten berücksichtigt werden. Die Spalten 2,

3 und 4 weisen aus, dass die Schienenkilometer jeweils hoch signifikant und positiv sind. Erwartungsgemäß relativiert sich jedoch dann der Einfluss durch das Hinzufügen weiterer Kontrollvariablen.

6.2.3 Sensitivität der IV-Schätzungen

Zur Schätzung der Strukturgleichung unter Berücksichtigung der Endogenität der Infrastrukturvariablen findet die TSLS-Methode Anwendung. Dabei wird die endogene Infrastrukturvariable durch einen exogenisierten Regressor ersetzt. In den hier angeführten Regressionen werden zunächst alle drei Instrumente herangezogen. Durch Spezifikationsänderungen kann dann wiederum die Robustheit der IV-Schätzungen nachvollzogen werden. Als abhängige Variable dient jeweils die Veränderung der Beschäftigung im Zeitraum von 1994 und 2008. Bezug genommen wird also auf die Schätzgleichungen (5.7) und (5.9) bzw. (5.20) und (5.22). Sukzessive werden neben den Hauptvariablen wiederum die bereits in Kapitel 6.2.1 beschriebenen Kontrollen berücksichtigt. Das Format und die Vorgehensweise sind also dem der OLS- und Erststufenschätzungen identisch.

Die Teiltabellen weisen in der ersten Spalte Koeffizienten der Verkehrsinfrastruktur in Höhe von 0,492 (Niveauspezifikation) und 0,157 (Spezifikation auf Basis der relativen Veränderung) auf (Tabelle 13). In Anlehnung an das oben ausgearbeitete Konzept werden in Spalten 2 und 3 historische Bevölkerungsdaten und sozioökonomische Kontrollen berücksichtigt. Die starken Schwankungen des Infrastruktur- und Beschäftigungskoeffizienten zeigen zwar wiederum das eben beschriebene Datenproblem auf, gleichzeitig wird jedoch auch deutlich, dass es sich bei diesen Variablen um Kontrollen mit hohem Informationsgehalt handelt. In den Spalten 4 und 5 werden die Ansätze dann mit weiteren Kontrollen wie der logarithmierten Fläche und den Bundesland- und Kreistyp-Dummies überprüft. Auffällig ist, dass sich bei dem Infrastrukturkoeffizienten im Modellansatz von Duranton und Turner sogar ein Vorzeichenwechsel einstellt. Damit kann man die Robustheit dieses Ansatzes in Frage stellen. In Spalte 6 wird deutlich, dass Indikatoren, die die urbanisierende und suburbanisierende Raumstruktur beschreiben, allenfalls nur einen geringen Informationsgehalt haben.

Die IV-Schätzwerte deuten auf regionalökonomische Entwicklungsmuster hin: So machen die Beschäftigungskoeffizienten deutlich, dass das wirtschaftliche Wachstum in Ballungsräumen abgenommen hat. Es zeigt sich also wiederum, dass beschäftigungsstarke NUTS-3-Regionen tendenziell langsamer wachsen. Im Hinblick auf den abnehmenden Grenznutzen ist dieses Ergebnis auch plausibel.⁴⁰⁷ Die Gesamtzusammenhänge lassen erkennen, dass für den hier vorliegenden Untersuchungsauftrag insbesondere den Kontrollen der historischen Bevölkerung, den Studienabschlüssen und den Bundesland- und Kreistyp-Dummies eine hohe Informationsqualität zukommt. Ein erster Vergleich zur OLS-Schätzung lässt darauf schließen, dass IV-Schätzwerte zu tendenziell geringeren Effekten führen.

⁴⁰⁷ Die Zusammenhänge deuten wiederum auf die durch die polyzentrische Entwicklung begünstigte raumwirtschaftliche Effizienz hin, vgl. hierzu Kapitel 3.3.2. Eine theoretische Herleitung der Überlegungen findet sich in der Modelltheorie von Duranton und Turner (Kapitel 5.1.2).

Tabelle 13

IV-Schätzung (TSLS): Beschäftigungswachstum von 1994 bis 2008 in Abhängigkeit der Verkehrsinfrastruktur, Modellansatz von Duranton und Turner, Alternativspezifikation, West- und Ostdeutschland

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
Modell von Duranton und Turner, $n_{it+1} - n_{it}$						
ln (Autobahnkilometer ₁₉₉₄)	0,492 (0,446)	0,079 (0,462)	0,241 (0,444)	-0,411 (0,448)	-0,560 (0,534)	-0,540 (0,523)
ln (Beschäftigung ₁₉₉₄)	-3,686 ^a (1,073)	-4,797 ^b (1,922)	-7,467 ^a (2,066)	-4,810 ^b (2,149)	-3,303 (2,259)	-3,318 (2,252)
Alternativspezifikation, $y_{rt+1} - y_{rt}$						
ln (Autobahnkilometer _{1937, 1994})	0,157 (0,175)	0,185 (0,161)	0,248 (0,159)	0,097 (0,158)	0,129 (0,156)	0,130 (0,156)
ln (Beschäftigung ₁₉₉₄)	-2,717 ^a (0,744)	-4,646 ^b (1,928)	-7,387 ^a (2,074)	-4,930 ^b (2,083)	-3,836 ^c (2,086)	-3,836 ^c (2,085)
Kontrollvariablen						
{ ln (Bevölkerung) } _{t ∈ 1939,..., 1970}	N	J	J	J	J	J
Sozioökonomische Kontrollen	N	N	J	J	J	J
ln (Fläche)	N	N	N	J	J	J
Bundesländer	N	N	N	N	J	J
Kreistypen	N	N	N	N	J	J
Urbanisierung	N	N	N	N	N	J
Suburbanisierung	N	N	N	N	N	J
Historische Instrumente						
Reichsautobahnnetz ₁₉₃₇	J	J	J	J	J	J
Reichsstraßennetz ₁₉₃₇	J	J	J	J	J	J
Schienennetz ₁₈₉₀	J	J	J	J	J	J

Notation: ln (X) = nat. Logarithmus der Variablen X. Konstanten werden nicht ausgewiesen. a, b, c signifikant bei Signifikanzniveau von 1 %, 5 %, 10 %. In Klammern: Standardfehler; Abhängige Variable – $\Delta_{1994, 2008}$ ln Beschäftigung. Modell von Duranton und Turner: Unabhängige Verkehrsinfrastrukturvariable – ln Autobahnkilometer₁₉₉₄ (Niveau); Alternativspezifikation: Unabhängige Verkehrsinfrastrukturvariable – $\Delta_{1937, 1994}$ ln Autobahnkilometer (Differenz). Alle Regressionen unter Berücksichtigung der jeweilig benannten Instrumente.

Die hier aufgezeigten Schätzansätze zeigen auf, dass die Validität sowohl bei Berücksichtigung von Niveaus wie auch von Differenzen gegeben sein kann. Die Hauptfragestellungen des vorliegenden Untersuchungsauftrags zielen jedoch explizit auf die Identifizierung der Langfristeffekte zwischen der Infrastrukturentwicklung und dem Wirtschaftswachstum ab. Insofern wird im Folgenden akzentuiert auf das für Deutschland erstellte Modell Bezug genommen.

6.3 Verkehrsinfrastruktur und Wirtschaftswachstum in Westdeutschland

In Anlehnung an die oben beschriebene Vorgehensweise findet also im Folgenden ausschließlich die ausgearbeitete Alternativspezifikation Berücksichtigung. Die Untersuchung wird nur insoweit modifiziert, dass zum einen die Kausalität zwischen dem Verkehrssystem und der Beschäftigung, zum anderen die Effekte zwischen dem Verkehrsnetz und der Lohnsumme innerhalb der westdeutschen Gebiete beobachtet werden. Der Beobachtungszeitraum der abhängigen Variablen liegt nochmals zwischen 1994 und 2008. Die nähere Beschreibung der Regressanden findet sich in Tabelle 14. Abbildung 15 verdeutlicht dazu die Verteilung der Wachstumsrate der regionalen Beschäftigung. Anzumerken ist in diesem Zusammenhang, dass alle Wachstumsraten wiederum als Differenz der Logarithmen gemessen werden. Parallel zum oben aufgezeigten Konzept dienen als erklärende Variablen die Beschäftigungs- bzw. Lohnsummenniveaus jeweils von 1994 wie auch die logarithmierte Verkehrsinfrastrukturentwicklung von 1937 bis 1994. Eine Datenbeschreibung der relevanten Infrastrukturvariablen wird in Tabelle 15 dargestellt. Die relevanten Schätzansätze werden dann mit Hilfe der für die vorliegenden Problemstellungen ausgewählten Kontrollen entsprechend ausdifferenziert. Unterschieden wird dabei nach den Schätzverfahren der OLS- und TSLS-Methodik. Damit gelingt es, die Zusammenhänge aufzuschlüsseln und die Kausaleffekte zu identifizieren.

Tabelle 14

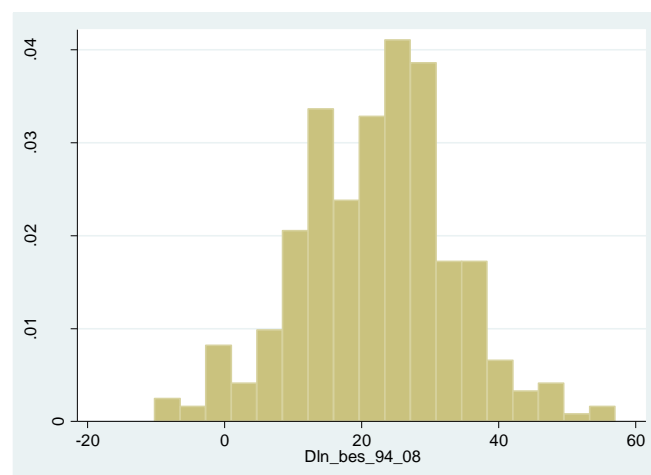
Deskriptive Statistiken der abhängigen Variablen, Westdeutschland

Variable	Mittelwert	Standardabweichung	Skewness	Kurtosis
$\Delta \ln (\text{Beschäftigung}_{1994, 2008})$	22,24311	11,25017	-0,076828	3,284926
$\Delta \ln (\text{Lohnsumme}_{1994, 2008})$	0,881352	0,144299	0,271668	3,282877
$\Delta \ln (\text{Autobahnkilometer}_{1994, 2008})$	0,277249	1,515299	5,574758	34,29542

Quelle: Eigene Berechnungen; NUTS-3-Regionen, Gebietsstand von 2008.

Abbildung 15

Verteilung der Wachstumsrate der Beschäftigung, Westdeutschland



Quelle: Eigene Berechnungen; NUTS-3-Regionen, Gebietsstand von 2008. Wachstumsrate gemessen als Differenz der Logarithmen. Beobachtungszeitraum zwischen 1994 und 2008.

Tabelle 15

Deskriptive Statistiken der Verkehrsinfrastrukturvariablen auf NUTS-3-Ebene, Westdeutschland

Variable	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Fläche in km ²	761,5189	534,0462	35,71	2881,4
Autobahn 1937 (km)	6,843475	11,81016	0,0	52,922
Autobahn 1994 (km)	29,83133	27,11433	0,0	164,0
Autobahn 2008 (km)	30,37642	24,83398	0,0	111,59
Autobahndichte 1937	17,19082	53,94511	0,0	838,5901
Autobahndichte 1994	68,30778	95,37315	0,0	904,8604
Autobahndichte 2008	67,47758	92,32215	0,0	1282,248
Bundesstraße 1937 (km)	65,69448	43,1595	0,0	218,442
Bundesstraße 1994 (km)	92,97429	61,40312	0,0	263,0
Bundesstraße 2008 (km)	86,99607	59,1369	0,0	261,8
Bundesstraßendichte 1937	118,6295	93,67609	0,0	1181,231
Bundesstraßendichte 1994	163,2462	150,1485	0,0	1933,816
Bundesstraßendichte 2008	147,6053	127,7488	0,0	1907,359
Schiene 1890 (km)	58,87073	37,19327	3,833781	227,8515
Schiene 1994 (km)	93,83001	56,27519	3,860959	310,4021
Schiene 2008 (km)	87,60948	52,55104	3,860959	310,4021
Schienenendichte 1890	120,9578	115,58	7,340952	1428,6
Schienenendichte 1994	181,918	158,2821	13,43369	1907,778
Schienenendichte 2008	170,2425	144,3281	13,43369	1735,425

Quelle: Eigene Berechnungen; NUTS-3-Regionen, Gebietsstand von 2008.

6.3.1 Verkehrsinfrastruktur und Beschäftigung, OLS-Schätzungen

Die OLS-Ergebnisse plausibilisieren zunächst wieder den Konnex zwischen den Hauptvariablen. Tabelle 16 gliedert sich entsprechend: In Teiltabelle A wird die Wachstumswirksamkeit des Verkehrsnetzes auf das Beschäftigungswachstum aufgezeigt. Mit Hilfe der Teiltabelle B lässt sich nachvollziehen, inwieweit Effekte vom bestehenden Verkehrsinfrastrukturnetz auf das weitere Verkehrsinfrastrukturwachstum ausgehen. Bezug genommen wird demnach auf die Schätzgleichungen (5.20) und (5.21). Die abhängigen Variablen beziehen sich wieder auf den Untersuchungszeitraum von 1994 bis 2008. Die Regressionsschätzansätze stehen dabei jeweils in Abhängigkeit der Verkehrsinfrastrukturentwicklung von 1937 bis 1994 und der Beschäftigung aus den Jahren 1980 und 1994.

Zur Beantwortung der für diese Studie vorliegenden Problemstellungen werden in der Tabelle 16 ausgewählte Schätzansätze in Abhängigkeit der jeweils unterstellten Spezifikationen zusammengefasst: In Spalte 1 werden als Kontrollen zunächst sozioökonomische Variablen herangezogen, wobei neben den Daten zu den Studienabschlüssen auch Lehrabschlüsse von 1994 mit berücksichtigt werden. Zusätzlich wird der Erklärungsgehalt der Fläche und der zeitinvarianten Kontrollen der Bundesland- und Kreistyp-Dummies überprüft. Ab Spalte 2 werden Bevölkerungsdaten aus den Jahren 1939, 1950, 1987 und 1990 herangezogen. Hierdurch gelingt es wieder, die raumstrukturelle Relevanz mit zu berücksichtigen. Es zeigt sich, dass

dadurch wiederum mehr Einfluss auf den Beschäftigungs- als auf den Verkehrsinfrastrukturkoeffizienten genommen wird. Wie bereits angemerkt, ist der Grund hierfür in der Kollinearität der Daten zu sehen. Mit zu berücksichtigen sind auch die Bundesländer-Dummies. Durch die zusätzliche Beobachtung der Kreistypen-Dummies in Spalte 3 kann die Informationsqualität des Modells jedoch noch gesteigert werden. In Spalte 4 erfolgt nochmals die Überprüfung der Erklärungsqualität der Kreistypen. In den Spalten 5 und 6 werden die Spezifikationen aus den Spalten 3 und 4 wiederholt, wobei jeweils zusätzlich Urbanisierungs- und Suburbanisierungsvariablen einbezogen werden.

Tabelle 16

Wachstum der Beschäftigung und Entwicklung des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, OLS-Schätzung, Westdeutschland

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
A: Beschäftigungswachstum, $y_{rt+1} - y_{rt}$						
In (Autobahnkilometer _{1937, 1994})	0,574 ^a (0,111)	0,595 ^a (0,097)	0,556 ^a (0,105)	0,590 ^a (0,100)	0,556 ^a (0,105)	0,590 ^a (0,100)
In (Beschäftigung ₁₉₉₄)	37,792 ^a (6,075)	28,293 ^a (6,270)	26,865 ^a (6,429)	28,395 ^a (6,294)	26,865 ^a (6,429)	28,395 ^a (6,294)
In (Beschäftigung ₁₉₈₀)	-41,483 ^a (5,549)	-39,615 ^a (5,217)	-37,854 ^a (5,489)	-39,485 ^a (5,457)	-37,854 ^a (5,489)	-39,485 ^a (5,457)
R-Quadrat	0,49	0,53	0,55	0,52	0,55	0,52
B: Verkehrsnetzentwicklung, $i_{rt+1} - i_{rt}$						
In (Autobahnkilometer _{1937, 1994})	-0,062 ^a (0,023)	-0,057 ^a (0,021)	-0,063 ^a (0,023)	-0,062 ^a (0,023)	-0,063 ^a (0,023)	-0,062 ^a (0,023)
In (Beschäftigung ₁₉₉₄)	-0,442 (0,867)	0,232 (1,023)	0,116 (1,015)	0,219 (0,967)	0,116 (1,015)	0,219 (0,967)
In (Beschäftigung ₁₉₈₀)	0,533 (0,826)	0,131 (0,924)	0,258 (0,921)	0,063 (0,824)	0,258 (0,921)	0,063 (0,824)
R-Quadrat	0,13	0,11	0,14	0,12	0,14	0,12
Kontrollvariablen						
{ In (Bevölkerung) } $t \in 1939, \dots, 1990$	N	J	J	J	J	J
Sozioökonomische Kontrollen	J	J	J	J	J	J
In (Fläche)	J	N	N	N	N	N
Bundesländer	J	J	J	N	J	N
Kreistypen	J	N	J	J	J	J
Urbanisierung	N	N	N	N	J	J
Suburbanisierung	N	N	N	N	J	J

Notation: In (X) = nat. Logarithmus der Variablen X. Konstanten werden nicht ausgewiesen. a, b, c signifikant bei Signifikanzniveau von 1 %, 5 %, 10 %. In Klammern: Standardfehler; Teiltabelle A: Abhängige Variable – $\Delta_{1994, 2008}$ In Beschäftigung. Teiltabelle B: Abhängige Variable – $\Delta_{1994, 2008}$ In Autobahnkilometer.

Im Unterschied zu den für Gesamtdeutschland beschriebenen Regressionsansätzen werden also Bevölkerungsdaten bis 1990 einbezogen. Insbesondere ist darauf zu verweisen, dass zusätzlich die Beschäftigungsdaten von 1980 mit berücksichtigt werden. Natürlich könnte hierdurch das Multikollinearitätsproblem verschärft werden. Dennoch kann die Signifikanz der zusätzlich eingebrachten Kontrollen beobachtet und der Erklärungsgehalt der Hauptregressoren gesteigert werden. Um die Sensitivität des Beschäftigungskoeffizienten deutlich zu machen, erfolgt daher eine Aufschlüsselung, jeweils in die Jahre 1980 und 1994.

In Teiltabelle A von Tabelle 16 wird deutlich, dass infolge von Spezifikationsänderungen die Beschäftigungskoeffizienten von 1980 und 1994 mit Schwankungen von $-3,691$ bis $-11,322$ weitaus stärkeren Sensitivitäten unterliegen als der Schätzwert der Verkehrsinfrastruktur ($0,556$ bis $0,595$). Alle hier nachgewiesenen Koeffizienten sind dabei hoch signifikant. Märkte neigen zwar dazu, zu überagglomerieren⁴⁰⁸, dennoch wachsen größere bzw. beschäftigungsstarke Landkreise tendenziell langsamer, NUTS-3-Regionen mit einem stark erschlossenen Verkehrsnetz dagegen schneller. In diesem Konnex zeigt sich, dass einerseits beschäftigungsärmere Regionen durchaus stärker von einer Infrastrukturanbindung profitieren können, andererseits aber auch, dass regionale Sättigungseffekte auftreten können. Die Spezifikation mit dem höchsten Erklärungsgehalt wird in Spalte 3 ausgewiesen. Der Infrastrukturkoeffizient beträgt dabei $0,556$.

In Teiltabelle B beträgt der Koeffizient des Verkehrsinfrastrukturnetzes im Ausgangsfall (also keine Berücksichtigung von Kontrollen) $-0,066$ und ist dabei hoch signifikant (Tabelle 16). Auch infolge von Spezifikationsänderungen bleibt der Koeffizient negativ. Das Ergebnis ist vor dem Hintergrund der polyzentrischen Entwicklung und des flächenmäßig gleichwertig erschlossenen Verkehrsnetzes plausibel. Es lässt sich also ein stärkerer Verkehrsnetzausbau in den NUTS-3-Gebieten beobachten, in denen ein verhältnismäßig schwach ausgebautes Verkehrsnetz vorzufinden ist. Im Umkehrschluss bedeutet dies wiederum, dass in Ballungsräumen wesentlich weniger dazu gebaut wird. In diesem Zusammenhang lässt sich auch mit separaten Tests nachweisen, dass dazu tendiert wurde, in Regionen mit schwächerer Arbeitsproduktivität stärkeren Netzausbau zu betreiben. Diese Entwicklung hat sich über das gesamte Untersuchungsgebiet sogar akzentuiert. Die allokativen Wirkung des bestehenden Infrastrukturnetzes auf das künftige Wachstum des Autobahnnetzes kann auf $-0,063$ beziffert werden (Spalte 3). Zudem ergibt sich erwartungsgemäß bei den hier gewählten Spezifikationen ein positiver Beschäftigungskoeffizient. Die ermittelten Werte sind zwar statistisch insignifikant und stellen damit keine Evidenz dar. Dennoch könnte der Konnex den Sachverhalt der umgekehrten Kausalität andeuten.

Die in den Teiltabellen ausgewiesenen Schätzwerte lassen erkennen, dass die Einflusswirkungen der erklärenden Hauptvariablen durch die Ausdifferenzierung der Schätzansätze, also durch das sukzessive Hinzufügen von Kontroll- und Dummy-Variablen tendenziell relativiert werden. Die Modellgüte kann als weitestgehend konstant beschrieben werden. Auch lassen sich Rückschlüsse dahingehend ziehen, dass sich weder Kausaleffekte noch -richtungen durch die Berücksichtigung von Urbanisierungs- und Suburbanisierungsvariablen abzeichnen (Spalte 5 und 6).

⁴⁰⁸ Siehe dazu Abschnitt 3.3.2.2.

Natürlich ist auch deutlich zu machen, dass sich durch weitere Differenzierungen in der Modellierung weitere Schlussfolgerungen hinsichtlich der raumwirtschaftlichen Entwicklung ziehen lassen: So sind mit den vorliegenden Schätzansätzen auch stärkere Wirkungszusammenhänge zwischen dem Infrastruktursystem und den Beschäftigten mit höherem Qualifikationsniveau zu ermitteln. Auch ist es möglich, die Ansätze nach Altersstrukturen aufzuschlüsseln. In Regionen mit niedrigerem Altersquotienten lassen sich dann tendenziell stärkere Interdependenzen nachweisen.

6.3.2 Erststufenschätzungen

Zur Überprüfung des Erklärungsgehalts der zu verwendenden Instrumente dienen die im Folgenden durchzuführenden Erststufenschätzungen. Die Schätzansätze werden in der Tabelle 17 dargestellt. Bezug genommen wird auf Schätzgleichung (5.22). Als abhängige Variable dient also die Entwicklung des Verkehrsinfrastruktursystems im Zeitraum von 1937 bis 1994. Die Spezifikationen der Spalten 1 bis 3 sind den Regressionsansätzen der OLS-Schätzungen identisch. Zusätzlich berücksichtigt werden dabei jeweils die logarithmierten Autobahn- und Schienenkilometer von 1937 und 1890. Wegen der hohen Informationsqualität werden dann die Effekte der in Spalte 3 aufgezeigten Spezifikation nochmals unter Berücksichtigung von drei Instrumenten beobachtet. Es wird also zusätzlich die Wirkung des historischen Reichsstraßensystems identifiziert (Spalte 4). Dadurch gelingt einerseits die Kontrolle des Erklärungsgehalts der historischen Infrastrukturnetze, andererseits die Beobachtung der sich daraus ergebenden Sensitivitäten. Mit den in den Spalten 5 und 6 dargestellten Schätzgleichungen wird dann erneut auf die Spezifikationen der OLS-Regression abgestellt. In die Ansätze mit aufgenommen werden also wiederum nur jeweils zwei Instrumente.

Tabelle 17

Erststufenschätzung: Netzentwicklung (Autobahn) von 1937 bis 1994 ($i_{rt} - i_{rt0}$), Westdeutschland

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
ln (Autobahnkilometer ₁₉₃₇)	-0,831 ^a (0,036)	-0,818 ^a (0,036)	-0,827 ^a (0,038)	-0,824 ^a (0,038)	-0,841 ^a (0,035)	-0,841 ^a (0,035)
ln (Bundesstraßenkilometer ₁₉₃₇)				0,245 (0,201)		
ln (Schienenkilometer ₁₈₉₀)	0,771 ^c (0,438)	0,844 ^b (0,402)	0,964 ^b (0,426)	0,779 ^c (0,442)	1,062 ^b (0,416)	1,062 ^b (0,416)
R-Quadrat	0,62	0,62	0,62	0,62	0,61	0,61
ln (Beschäftigung _{1980/1994})	J	J	J	J	J	J
{ ln (Bevölkerung) } t ∈ 1939, ..., 1990	N	J	J	J	J	J
Sozioökonomische Kontrollen	J	J	J	J	J	J
ln (Fläche)	J	N	N	N	N	N
Bundesländer	J	J	J	J	N	N
Kreistypen	J	N	J	J	J	J
Urbanisierung	N	N	N	N	N	J
Suburbanisierung	N	N	N	N	N	J

Konstanten werden nicht ausgewiesen. a, b, c signifikant bei Signifikanzniveau von 1 %, 5 %, 10 %. In Klammern: Standardfehler.

Es zeigt sich, dass die Effekte der logarithmierten Autobahn- und Schienenkilometer auch infolge von Spezifikationsänderungen überwiegend hoch signifikant und weitestgehend stabil bleiben. Spalte 4 bestätigt die Vermutung, dass die logarithmierten Reichsstraßenkilometer keinen signifikanten Erklärungsgehalt auf die logarithmierte Differenz der Autobahnkilometer im Zeitraum von 1937 und 1994 haben. Die Kontrollen der historischen Bevölkerungsdaten und der Bundesländer-Dummies legen überwiegend signifikante Effekte nahe. Dagegen sind die logarithmierte Fläche, die Kreistyp-Dummies wie auch die hier unterstellten Urbanisierungs- und Suburbanisierungsindikatoren tendenziell insignifikant. Die sozioökonomischen Kontrollen zeigen insofern eine Besonderheit auf, dass Daten aus den 1994er Lehrabschlüssen in allen Spezifikationen hoch signifikant, Studienabschlussdaten dagegen überwiegend insignifikant sind. Spalte 3 weist die für den vorliegenden Untersuchungsauftrag relevante Spezifikation aus: Als Instrumente werden das Autobahnnetz aus dem Jahr 1937 wie auch die Schienenkilometer von 1890 verwendet. Neben dem Hauptregressor der 1994er Beschäftigung werden zusätzlich die Beschäftigungsdaten von 1980 aufgenommen. Dazu sind als exogene Kontrollvariablen neben den historischen Bevölkerungsständen aus den Jahren 1939, 1950, 1987 und 1990 auch Daten aus den Lehr- und Studienabschlüssen, jeweils von 1994 zu berücksichtigen. Wegen des hohen Erklärungsgehalts sind weiterhin 7 Bundesland- und 8 Kreistyp-Dummies heranzuziehen. In der Tabelle 18 findet sich eine Zusammenfassung der Teststatistik: In Teiltabelle A wird dazu der Bezug zu dem in Spalte 3 (Tabelle 17) aufgezeigten Regressionsansatz hergestellt. Um die Zusammenhänge und den Erklärungsgehalt der Schätzgleichungen näher zu plausibilisieren, lässt Teiltabelle B einen Vergleich zu der in Spalte 4 (Tabelle 17) ausgewiesenen Spezifikation der Erststufenschätzung zu.

Tabelle 18

Zusammenfassung der Teststatistik – Beschäftigung und Autobahnnetz

A: Instrumente der Autobahn- und Schienenkilometer		
Angrist-Pischke Test	F (2,300) = 238,74	P-Wert = 0,0000
Kleibergen-Paap rk LM-Test	Chi-Quadrat (2) = 114,36	P-Wert = 0,0000
Cragg-Donald Wald F-Test	168,40	
Kleibergen-Paap Wald rk F-Test	238,74	
Anderson-Rubin Wald Test	Chi-Quadrat (2) = 9,23	P-Wert = 0,0099
Stock-Wright LM S-Test	Chi-Quadrat (2) = 8,14	P-Wert = 0,0171
B: Instrumente der Autobahn-, Bundesstraßen- und Schienenkilometer		
Angrist-Pischke Test	F (3,299) = 160,57	P-Wert = 0,0000
Kleibergen-Paap rk LM-Test	Chi-Quadrat (3) = 115,48	P-Wert = 0,0000
Cragg-Donald Wald F-Test	113,22	
Kleibergen-Paap Wald rk F-Test	160,57	
Anderson-Rubin Wald Test	Chi-Quadrat (3) = 2,23	P-Wert = 0,5270
Stock-Wright LM S-Test	Chi-Quadrat (3) = 2,24	P-Wert = 0,5238

Quelle: Eigene Berechnungen.

Im Hinblick auf die IV-Schätzung ist zu berücksichtigen, dass der TSLS-Schätzer zwar konsistent ist. Sofern jedoch eine schwache Instrumentierung bzw. Überidentifikation vorliegt, bleibt die Verzerrung unabhängig vom Stichprobenumfang bestehen.⁴⁰⁹ Der Korrelationswert von 0,137 zwischen dem Reichsstraßennetz von 1937 und dem logarithmierten Differenzenschätzer des Autobahnnetzes von 1937 bis 1994 lässt vermuten, dass ein relativ schwacher Zusammenhang gegeben ist. Einen Vergleich der Korrelationen der unterschiedlichen Verkehrsnetze lässt Tabelle 19 zu. Der multivariate F-Test von Angrist und Pischke macht mit einer Teststatistik von 238,74 und einem P-Wert von 0 deutlich, dass die in Teiltabelle A berücksichtigten Instrumente der historischen Autobahn- wie auch Schienennetze relevant sind. Die Nullhypothese ist also abzulehnen. Der Kleibergen-Paap Lagrange Multiplikator-Test prüft die Relevanz der Instrumente und kontrolliert eine mögliche Unteridentifikation. In beiden Teiltabellen liegt die Prüfgröße über dem kritischen Wert der Chi-Quadrat-Verteilung. Die Relevanz der Instrumente ist damit gegeben. Die Nullhypothese ist ebenfalls abzulehnen. Das Schätzmodell ist demnach identifiziert. Die Cragg-Donald Wald und Kleibergen-Paap Wald F-Tests weisen heteroskedastisch-robust darauf hin, dass das Modell unteridentifiziert oder sogar überhaupt nicht identifiziert ist. Abzugrenzen sind diese Kontrollen aber von Verfahren, mit denen auf schwache Instrumentierung getestet wird. Die hier ermittelten Werte der F-Tests von 168,40 und 238,74 überschreiten den kritischen Wert. Die Nullhypothese kann also verworfen werden. Natürlich ist zu berücksichtigen, dass eine verzerrte Schätzung auch zu einer fehlerhaften Inferenz führen kann. In Teiltabelle A wird aufgezeigt, dass sich mit den Tests von Anderson-Rubin Wald und Stock-Wright jeweils ein Chi-Quadrat von 9,23 bzw. 8,14 und P-Werte in Höhe von 0,0099 und 0,0171 nachweisen lassen. Die Nullhypothese, dass also der Koeffizient der endogenen Variable unter Geltung der Orthogonalitätsbedingungen gleich null ist, kann verworfen werden.

Tabelle 19

Korrelationen für die das Infrastrukturnetz beschreibenden Variablen, Westdeutschland

	Autobahn 1937	Autobahn 1994	Schiene 1890	Bundesstraße 1937
Autobahn 1937	1,0000			
Autobahn 1994	0,4120	1,0000		
Schiene 1890	0,2340	0,5157	1,0000	
Bundesstraße 1937	0,1269	0,4155	0,7605	1,0000

Quelle: Eigene Berechnungen; NUTS-3-Regionen, Gebietsstand von 2008; Variablen in Kilometern.

6.3.3 Verkehrsinfrastruktur und Beschäftigung, IV-Schätzungen

Methodisch ist wieder auf die TSLS-Schätzung abzustellen. Die Systematik entspricht dabei wiederum dem Konzept der OLS-Regressionen. Die im Folgenden aufgezeigten Modellgleichungen werden insofern modifiziert, dass in den Schätzansätzen entweder zwei oder drei Instrumente berücksichtigt werden. Um die Effekte zu identifizieren, wird wiederum auf die Schätzgleichungen (5.20) und (5.22) Bezug genommen. Das Format der Tabelle 20 ist mit dem der oben erläuterten Übersichten identisch.

⁴⁰⁹ Als Ursachen für eine schwache Instrumentierung können schwache Korrelationszusammenhänge in der Grundgesamtheit, Stichprobenkorrelation zwischen den Fehlertermen der Schätzgleichung und der reduzierten Form und eben auch die Anzahl der berücksichtigten Instrumente gelten.

In Spalte 1 werden zunächst die Einflusswirkungen der $\ln(\text{Autobahnkilometer}_{1937, 1994})$ und der $\ln(\text{Beschäftigung}_{1994})$ auf die Veränderung der Beschäftigung im Zeitraum von 1994 bis 2008 geschätzt. Kontrolliert wird der Schätzansatz mit Hilfe der sozioökonomischen Daten (Studium und Lehre), der logarithmierten Fläche wie auch der Bundesland- und Kreistyp-Dummies. Ab Spalte 2 werden die Effekte der Bevölkerungsdaten aus den Jahren 1939, 1950, 1987 und 1990 berücksichtigt. Ausgeblendet wird dagegen die logarithmierte Fläche. Die Schätzwerte legen erneut nahe, dass es sich bei den historischen Bevölkerungsständen um Kontrollvariablen mit extrem hoher Informationsqualität handelt. Die Beschäftigungsentwicklung wird demnach auch stark von raumprägenden Variablen beeinflusst. In den ersten beiden Spalten werden jeweils alle drei Instrumente berücksichtigt, von da ab erfolgt die Instrumentierung nur noch mit den logarithmierten Autobahn- und Schienennetzen.

Tabelle 20

Wachstum der Beschäftigung und Entwicklung des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, IV-Schätzung (TSLS), Westdeutschland

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
Beschäftigungswachstum, $y_{rt+1} - y_{rt}$						
ln (Autobahnkilometer _{1937, 1994})	0,352 ^b (0,151)	0,481 ^a (0,128)	0,388 ^a (0,142)	0,455 ^a (0,137)	0,388 ^a (0,142)	0,455 ^a (0,137)
ln (Beschäftigung ₁₉₉₄)	37,438 ^a (6,128)	28,634 ^a (6,277)	27,012 ^a (6,456)	28,214 ^a (6,323)	27,012 ^a (6,456)	28,214 ^a (6,323)
ln (Beschäftigung ₁₉₈₀)	-41,296 ^a (5,617)	-40,016 ^a (5,258)	-38,199 ^a (5,547)	-39,529 ^a (5,505)	-38,199 ^a (5,547)	-39,529 ^a (5,505)
Hansen (P-Wert)	0,31					
Kontrollvariablen						
{ ln (Bevölkerung) } _{t ∈ 1939,..., 1990}	N	J	J	J	J	J
Sozioökonomische Kontrollen	J	J	J	J	J	J
ln (Fläche)	J	N	N	N	N	N
Bundesländer	J	J	J	N	J	N
Kreistypen	J	N	J	J	J	J
Urbanisierung	N	N	N	N	J	J
Suburbanisierung	N	N	N	N	J	J
Historische Instrumente						
Reichsautobahnnetz ₁₉₃₇	J	J	J	J	J	J
Reichsstraßennetz ₁₉₃₇	J	J	N	N	N	N
Schienennetz ₁₈₉₀	J	J	J	J	J	J

Notation: $\ln(X)$ = nat. Logarithmus der Variablen X. Konstanten werden nicht ausgewiesen. a, b, c signifikant bei Signifikanzniveau von 1 %, 5 %, 10 %. In Klammern: Standardfehler; Abhängige Variable – $\Delta_{1994, 2008} \ln \text{Beschäftigung}$. Alle Regressionen unter Berücksichtigung der jeweilig benannten Instrumente.

Durch planmäßig vorgenommene Änderungen in der Spezifikation – sowohl unter Berücksichtigung von zwei wie auch drei Instrumenten – kann die Informationsqualität der Bundesland- und Kreistyp-Dummies getestet werden. Spalten 2 und 4 legen mit den Koeffizienten von 0,481 und 0,455 für die Verkehrsinfrastruktur und mit –11,382 bzw. –11,315 für die Beschäftigung von 1980 und 1994 eine relativ hohe Wirksamkeit nahe. Durch den negativen Koeffizienten wird wiederum die raumstrukturelle konvergente Entwicklung deutlich.

Die Schätzwerte der Spalten 5 und 6 weisen explizit aus, dass mit den hier ausgearbeiteten Schätzgleichungen keine gesonderten Urbanisierungs- und Suburbanisierungseffekte zu identifizieren sind. Ohne weitere Schwierigkeiten könnte jedoch der hier unterstellte Modellansatz insofern modifiziert werden, dass Dichtefunktionen, jeweils in Abhängigkeit der Verkehrsnetz-anbindung, die Raum- bzw. Siedlungsstruktur beschreiben. Dieses Vorgehen wäre dem von Baum-Snow für die USA ausgearbeiteten Konzept identisch. Die Methodik selbst entspricht dagegen dem hier vorliegenden Ansatz. Autobahnen dürften verstärkt Suburbanisierungsprozesse einleiten. Der Verkehrssektor gewinnt damit wohl insbesondere in dicht besiedelten NUTS-3-Regionen an Bedeutung.

In Spalte 3 wird die für die vorliegenden Hauptfragestellungen relevante Spezifikation ausgewiesen. Es kann also ein hoch signifikanter Verkehrsinfrastrukturkoeffizient in Höhe von 0,388 nachgewiesen werden. Um Rückschlüsse auf etwaige Fehlspezifizierungen ziehen zu können, kann mit dem Hansen-Test die Instrument-Exogenität im Falle von Überidentifikation überprüft werden. Dazu ist mit der TSLS-Methode das überidentifizierende Modell zu schätzen. Infolge dessen gelingt dann eine Regression der Residuen auf alle unterstellten Variablen und Instrumente. Die Statistik unterliegt dabei der Chi-Quadrat-Verteilung. Die Nullhypothese besagt, dass der Vektor der Orthogonalitätsbedingungen null ist. Für die hier relevante Schätzgleichung kann ein P-Wert von 0,31 ermittelt werden. Dies bedeutet, dass weder die logarithmierten Autobahnkilometer von 1937, noch die logarithmierten Schienenkilometer von 1890 mit dem Störterm korrelieren. Die Nullhypothese ist also nicht abzulehnen.

Sämtliche TSLS-Schätzwerte weisen also einen positiven und statistisch signifikanten Kausal-effekt des Autobahnsystems auf die Beschäftigung nach. Die Interdependenzen lassen sich sowohl in Ballungsräumen wie auch in peripheren Gebieten beobachten. Die stärksten Kausaleffekte treten dabei in wirtschaftlich schwächeren Regionen auf. Gleichzeitig deuten Tests auf einen insbesondere in den letzten Jahrzehnten stattfindenden Konzentrationsprozess in der Beschäftigung hin. Dennoch bestätigt sich wieder der Zusammenhang, dass beschäftigungsstarke Regionen tendenziell langsamer wachsen. Im Hinblick auf den abnehmenden Grenznutzen ist dieser Konnex auch nachzuvollziehen. Insofern weisen die Ergebnisse auf die polyzentrische Entwicklung und auf regional zu beobachtende Sättigungsgrade hin.

6.3.4 Verkehrsinfrastruktur und Wohlstand, OLS-Schätzungen

Weiterhin sind die Wechselwirkungen zwischen dem Verkehrsinfrastruktursystem und der Entwicklung der Lohnsumme zu identifizieren. Damit gelingt es einerseits, die Validität der hier ausgearbeiteten Methodik nochmals zu überprüfen. Andererseits kann auch nachvollzogen werden, inwieweit sich durch (politisch gewollte) infrastrukturelle Maßnahmen auch Effekte für den gesamtwirtschaftlichen Wohlstand einstellen. In Anlehnung an das erstellte Konzept wird

wieder auf die Schätzgleichungen (5.20) und (5.21) Bezug genommen. Die bereits ausgearbeiteten Schätzgleichungen werden dabei insofern modifiziert, dass die Lohnsumme als Wohlstandsindikator für die abhängige Variable gesetzt wird. Gleichzeitig werden als Hauptregressoren die Verkehrsinfrastruktur im Zeitraum von 1937 bis 1994 und die Lohnsumme aus dem Jahr 1994 berücksichtigt. Um die Sensitivitäten zwischen der Beschäftigung und der Lohnsumme deutlich zu machen, werden in Tabelle 21 die Koeffizienten in Abhängigkeit der in diesem Kapitel ausgearbeiteten Spezifikationen ausgewiesen. Im Fokus stehen also wiederum die Effekte der $\ln(\text{Autobahnkilometer}_{1937, 1994})$ und der $\ln(\text{Lohnsumme}_{1994})$.

Tabelle 21

Entwicklung der Lohnsumme und des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, OLS-Schätzung, Westdeutschland

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
A: Entwicklung der Lohnsumme, $y_{rt+1} - y_{rt}$						
$\ln(\text{Autobahnkilometer}_{1937, 1994})$	0,720 ^a (0,142)	0,784 ^a (0,136)	0,768 ^a (0,143)	0,738 ^a (0,146)	0,768 ^a (0,143)	0,738 ^a (0,146)
$\ln(\text{Lohnsumme}_{1994})$	1,684 (1,607)	6,792 ^b (2,607)	8,127 ^a (2,822)	9,049 ^a (2,897)	8,127 ^a (2,822)	9,049 ^a (2,897)
R-Quadrat	0,31	0,38	0,39	0,31	0,39	0,31
B: Verkehrsnetzentwicklung, $i_{rt+1} - i_{rt}$						
$\ln(\text{Autobahnkilometer}_{1937, 1994})$	-0,062 ^a (0,023)	-0,057 ^a (0,021)	-0,063 ^a (0,023)	-0,063 ^a (0,023)	-0,063 ^a (0,023)	-0,063 ^a (0,023)
$\ln(\text{Lohnsumme}_{1994})$	0,090 (0,110)	0,223 (0,242)	0,272 (0,284)	0,179 (0,302)	0,272 (0,284)	0,179 (0,302)
R-Quadrat	0,13	0,11	0,13	0,12	0,13	0,12
Kontrollvariablen						
{ $\ln(\text{Bevölkerung})$ } $t \in 1939, \dots, 1990$	N	J	J	J	J	J
Sozioökonomische Kontrollen	J	J	J	J	J	J
$\ln(\text{Fläche in km}^2)$	J	N	N	N	N	N
Bundesländer	J	J	J	N	J	N
Kreistypen	J	N	J	J	J	J
Urbanisierung	N	N	N	N	J	J
Suburbanisierung	N	N	N	N	J	J

Notation: $\ln(X)$ = nat. Logarithmus der Variablen X. Konstanten werden nicht ausgewiesen. a, b, c signifikant bei Signifikanzniveau von 1 %, 5 %, 10 %. In Klammern: Standardfehler; Teiltabelle A: Abhängige Variable – $\Delta_{1994, 2008}$ In Beschäftigung. Teiltabelle B: Abhängige Variable – $\Delta_{1994, 2008}$ In Autobahnkilometer.

Sowohl das Format als auch die hier aufgezeigten Spezifikationen sind demnach den zuvor beschriebenen Ansätzen identisch: In Spalte 1 werden also die Wirksamkeiten durch sozio-ökonomische Variablen wie den Lehr- und Studienabschlussdaten aus den Jahren 1994 und mit Hilfe der logarithmierten Fläche und der Dummies analysiert. Wegen des hohen Erklärungsgehalts werden ab Spalte 2 zusätzlich historische Bevölkerungsdaten herangezogen. Wie eben beschrieben, kommt der logarithmierten Fläche ein geringerer Erklärungsgehalt zu. Daher wird diese Variable im Folgenden nicht weiter berücksichtigt. In den folgenden Spezifikationen erfolgt dann die entsprechende Ausdifferenzierung durch die Berücksichtigung von Dummies. Zudem werden raumstrukturelle Indikatoren herangezogen, womit sich Urbanisierungs- und Suburbanisierungsprozesse näher beobachten lassen. Es gelingt also auch, zeit-invariante und unbeobachtete Unterschiede zwischen NUTS-3-Regionen und damit auch verschiedenen Raumtypen zu kontrollieren.

Die Verkehrsinfrastrukturkoeffizienten in Teiltabelle A von Tabelle 21 weisen eine signifikant positive Wirksamkeit auf das Lohnsummenwachstum aus. Der Zusammenhang macht wieder deutlich, dass NUTS-3-Regionen mit einem starken Infrastrukturnetz durchaus auch ein stärkeres Wohlstandswachstum verzeichnen können. Auffällig ist dagegen, dass sich ein positiver Lohnsummenkoeffizient über alle hier relevanten Spezifikationen einstellt. Dieser Konnex deutet auf einen divergenten Entwicklungsprozess hin. Um diesen – zunächst kontraintuitiven – Sachverhalt nochmals zu überprüfen, wurden die hier aufgezeigten Spezifikationen nochmals separat voneinander mit Hilfe der Lehr- und Studienabschlussdaten kontrolliert. Auch hierbei konnte eine divergente Beziehung beobachtet werden. Im Folgenden wurden dann die Lohnsummen auf die Bildungsvariablen regressiert und die dabei ermittelten Residuen (qualifikationsbereinigte Lohnsummen) nochmals in den hier relevanten Schätzgleichungen berücksichtigt. Die Schätzergebnisse weisen für den westdeutschen Raum eine Besonderheit auf: Demnach belegen die nach Studienabschlüssen korrigierten Lohnsummen einen divergenten Prozess, die nach Lehrabschlüssen berichtigten Lohnsummen zeigen hingegen eine konvergente Entwicklung über die Zeit auf. Die Zusammenhänge deuten ebenfalls darauf hin, dass Regionen mit höheren Qualifikationsquotienten auch tendenziell schneller wachsen. Es lässt sich also festhalten: Regionen mit einem hohen Wohlstandsniveau verzeichnen tendenziell auch stärkeres Lohnsummenwachstum.⁴¹⁰

Zudem wird deutlich, dass der Lohnsummenkoeffizient tendenziell nur geringen Schwankungen unterliegt. Dies lässt sich dadurch begründen, dass zwischen dem vorliegenden Wohlstandsindikator und der historischen Bevölkerung das Datenproblem der Multikollinearität nicht in der Weise zum Tragen kommt, wie es letztlich beim Beschäftigungskoeffizienten zu beobachten war. Damit erklärt sich wiederum die extreme Stabilität der Verkehrsinfrastrukturkoeffizienten.

Mit Hilfe der Teiltabelle B gelingt es wieder, die alloкатive Wirkung des früheren Infrastrukturausbaus auf das künftige Wachstum des Autobahnnetzes nachzuvollziehen (Tabelle 21). Es zeigt sich dabei, dass ein weiterer Ausbau des Infrastrukturbestandes zu einem geringeren Wachstum des Autobahnnetzes in den nächsten 14 Jahren führt. Die Koeffizienten der Teiltabelle B sind mit denen aus Übersicht 16 fast identisch. Insofern kann die Validität der vorliegenden Ansätze und die empirische Evidenz der gefundenen Ergebnisse auch bestätigt wer-

⁴¹⁰ Ein Auszug der Tests findet sich in den Anhängen A 1, Tabelle 29, und A 2, Tabelle 31.

den. In Spalte 3 wird der hier relevante hoch signifikante Koeffizient in Höhe von $-0,063$ ausgewiesen. Es wurde also wesentlich mehr in entlegeneren, verkehrsinfrastrukturell schwach erschlossenen Gebieten ausgebaut. Aus wirtschaftspolitischer Sicht ist diese Entwicklung als durchaus positiv zu bewerten: Verkehrsinfrastrukturmaßnahmen sind vorzugsweise in den Regionen vorzunehmen, in denen die höchsten Grenzerträge zu realisieren sind. Im Hinblick auf die polyzentrische Struktur wird also auch deutlich, inwieweit sich eben insbesondere durch den Ausbau des Verkehrsinfrastrukturnetzes Raum- und Siedlungsstrukturen festigen können. Für die positiven Lohnsummenkoeffizienten können zwar wiederum keine statistischen Signifikanzen nachgewiesen werden. Dennoch sind zwischen der Infrastruktur und dem wirtschaftlichen Wachstum vielmehr beidseitige Interdependenzwirkungen als rein monokausale Verläufe zu vermuten.

Sowohl in Ballungsräumen wie auch in peripheren Gebieten lassen sich also wirtschaftliche Impulse durch den Ausbau des Verkehrssystems nachweisen. Die stärksten Kausaleffekte sind dabei in wirtschaftlich schwächeren Gebieten zu verzeichnen. Die Zusammenhänge deuten zwar darauf hin, dass wohlstandsstarke Regionen schneller wachsen, dennoch können für den Bereich des Verkehrsinfrastruktursystems durchaus auch Sättigungseffekte auftreten.

6.3.5 Erststufenschätzungen

Wiederum sind die verkehrsinfrastrukturellen Effekte zunächst über die Erststufenschätzung nachzuvollziehen (Tabelle 22). Dieser Ansatz ist für die IV-Schätzung insofern elementar, da zunächst überhaupt das infrastrukturelle Ausgangsniveau zu identifizieren ist.

Die Formate der Tabellen 17 und 22 entsprechen sich: Die aufgezeigten Spezifikationen in den Spalten 1 bis 3 der folgenden Tabelle decken sich dabei wieder mit den Regressionsansätzen der OLS-Schätzungen, wobei jeweils auf die Instrumente der logarithmierten Autobahn- und Schienenkilometer Bezug genommen wird. Zur Kontrolle des Erklärungsgehalts der in Spalte 3 aufgezeigten Schätzgleichung werden in Spalte 4 zusätzlich die logarithmierten Reichsstraßenkilometer mit aufgenommen. Mit den in den Spalten 5 und 6 dargestellten Ansätzen werden dann wieder Regressionsansätze der OLS-Schätzungen aufgegriffen.

Die logarithmierten Autobahn- und Schienenkilometer legen dabei weitestgehend hoch signifikante Effekte nahe. Insbesondere zeigt sich, dass der Koeffizient des historischen Autobahnnetzes weitestgehend stabil bleibt. Auffällig ist auch, dass durch die in den Spalten 5 bzw. 6 angegebenen Spezifikationen die Informationsqualität des historischen Schienennetzes sogar gesteigert werden kann. Hierbei zeigen sich sogar statistisch signifikante Unterschiede zu den in Tabelle 17 nachgewiesenen Effekten. Das R-Quadrat bleibt dagegen weitestgehend stabil und entspricht dem Niveau der Erststufenschätzung aus Kapitel 6.3.2. Aus den Schätzansätzen geht hervor, dass die historischen Bevölkerungsdaten aus den Jahren 1939 und 1950 hoch signifikant, dagegen aus den Jahren ab 1987 weitestgehend insignifikant sind. Neben den Variablen der logarithmierten Fläche, der Urbanisierung und Suburbanisierung weisen auch die Kreistyp-Dummies zumeist insignifikante Effekte auf. Die Bundesland-Dummies sind dagegen überwiegend auf dem 5 %-Niveau signifikant. Bei den sozioökonomischen Variablen kann beobachtet werden, dass die Daten aus den 1994er Lehrabschlüssen hoch signifikant, dagegen die 1994er Studienabschlusssdaten schwach oder sogar insignifikant sind.

Tabelle 22

Erststufenschätzung: Netzentwicklung (Autobahn) von 1937 bis 1994 ($i_{rt} - i_{rt0}$), Westdeutschland

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
ln (Autobahnkilometer ₁₉₃₇)	-0,829 ^a (0,036)	-0,818 ^a (0,036)	-0,826 ^a (0,038)	-0,823 ^a (0,038)	-0,839 ^a (0,036)	-0,839 ^a (0,036)
ln (Bundesstraßenkilometer ₁₉₃₇)				0,249 (0,200)		
ln (Schienenkilometer ₁₈₉₀)	0,750 ^c (0,435)	0,904 ^b (0,393)	1,020 ^b (0,420)	0,828 ^c (0,439)	1,111 ^a (0,414)	1,111 ^a (0,414)
R-Quadrat	0,62	0,61	0,62	0,62	0,61	0,61
ln (Lohnsumme ₁₉₉₄)	J	J	J	J	J	J
{ ln (Bevölkerung) } _{t ∈ {1939, ..., 1990}}	N	J	J	J	J	J
Sozioökonomische Kontrollen	J	J	J	J	J	J
ln (Fläche)	J	N	N	N	N	N
Bundesländer	J	J	J	J	N	N
Kreistypen	J	N	J	J	J	J
Urbanisierung	N	N	N	N	N	J
Suburbanisierung	N	N	N	N	N	J

Konstanten werden nicht ausgewiesen. a, b, c signifikant bei Signifikanzniveau von 1 %, 5 %, 10 %. In Klammern: Standardfehler.

In Spalte 3 wird die hier relevante Spezifikation ausgewiesen. Bezug genommen wird also auf die logarithmierten Autobahn- und Schienenkilometer aus den Jahren 1937 und 1890. Als erklärende Hauptvariable wird zusätzlich die Lohnsumme von 1994 herangezogen. Als exogene Kontrollvariablen werden neben den historischen Bevölkerungsständen aus den Jahren 1939, 1950, 1987 und 1990 auch Daten aus den Lehr- und Studienabschlüssen von 1994 mit berücksichtigt. Dazu werden 7 Bundesland- und 8 Kreistyp-Dummies beobachtet. Die Schätzwerte der Spalte 4 legen nahe, dass sich die Informationsqualität der logarithmierten Schienenkilometer durch das zusätzlich gewählte Instrument der historischen Reichsstraßenkilometer durchaus verschlechtern kann.

Die Zusammenfassung der Teststatistik findet sich in der Tabelle 23. Zum einen beziehen sich die Tests auf die oben ausgewiesene Spezifikation in Spalte 3. Um die statistischen Zusammenhänge auch deutlich zu machen, wird zusätzlich der Bezug zu Spalte 4 hergestellt. Es wird also auf dieselbe Spezifikation abgestellt. Weiterhin werden jedoch die Reichsstraßenkilometer aus dem Jahr 1937 berücksichtigt. Die Übersicht gliedert sich also wieder in die Teiltabellen A und B.

Tabelle 23

Zusammenfassung der Teststatistik – Lohnsumme und Autobahnnetz

A: Instrumente der Autobahn- und Schienenkilometer		
Angrist-Pischke Test	F (2,301) = 238,22	P-Wert = 0,0000
Kleibergen-Paap rk LM-Test	Chi-Quadrat (2) = 114,80	P-Wert = 0,0000
Cragg-Donald Wald F-Test	168,23	
Kleibergen-Paap Wald rk F-Test	238,22	
Anderson-Rubin Wald Test	Chi-Quadrat (2) = 6,07	P-Wert = 0,0482
Stock-Wright LM S-Test	Chi-Quadrat (2) = 5,73	P-Wert = 0,0571
B: Instrumente der Autobahn-, Bundesstraßen- und Schienenkilometer		
Angrist-Pischke Test	F (3,300) = 160,29	P-Wert = 0,0000
Kleibergen-Paap rk LM-Test	Chi-Quadrat (3) = 116,13	P-Wert = 0,0000
Cragg-Donald Wald F-Test	113,17	
Kleibergen-Paap Wald rk F-Test	160,29	
Anderson-Rubin Wald Test	Chi-Quadrat (3) = 2,11	P-Wert = 0,5492
Stock-Wright LM S-Test	Chi-Quadrat (3) = 2,12	P-Wert = 0,5475

Quelle: Eigene Berechnungen.

Auffällig ist, dass der F-Test von Angrist-Pischke in Teiltabelle A mit 238,22 ähnlich hoch ausfällt wie der in Tabelle 18 ausgewiesene Wert. Der P-Wert liegt bei 0,0. Die Nullhypothese, eben dass die Instrumente irrelevant sind, kann demnach verworfen werden. In beiden Teiltabellen indiziert dagegen der Kleibergen-Paap Lagrange-Multiplikator (LM) - Test, dass die Validität gegeben und das Modell damit identifiziert ist. Es ist also auch hier die Nullhypothese abzulehnen. Weiterhin machen die in Teiltabelle A der Tabelle 23 festgehaltenen F-Tests von Cragg-Donald Wald und Kleibergen-Paap Wald deutlich, dass die Identifikationsbedingungen erfüllt sind. Ebenfalls zeigen die Teststatistiken von Anderson-Rubin Wald und Stock-Wright auf, dass mit dem Chi-Quadrat von 6,07 und 5,73 bzw. mit den P-Werten von 0,0482 und 0,0571 die Nullhypothese zu verwerfen ist.

6.3.6 Verkehrsinfrastruktur und Wohlstand, IV-Schätzungen

Natürlich müssen die aus den OLS-Regressionen gezogenen Schlussfolgerungen auch im Rahmen der IV-Schätzungen verifiziert werden. Bezug genommen wird dabei auf Tabelle 24. In Anlehnung an die oben aufgezeigte Systematik werden dazu dieselben Spezifikationen unterstellt. Die Instrumentierung erfolgt dabei wiederum durch die logarithmierten Kilometer der historischen Infrastrukturnetze aus den Jahren 1937 und 1890. Bezug genommen wird dazu auf die Schätzgleichungen (5.20) und (5.22). Das Format der Tabelle 24 entspricht also dem der in Kapitel 6.3.3 aufgezeigten Übersicht.

In den Spalten 1 und 2 werden zunächst alle 3 historischen Instrumente berücksichtigt. In den folgenden Schätzgleichungen wird der logarithmierte Differenzenschätzer dann durch die Reichsautobahn- und Schienennetzkilometer instrumentiert. Der Vergleich der Schätzwerte macht deutlich, dass der Verkehrsinfrastrukturkoeffizient auf einem weitestgehend stabilen Niveau bleibt. Wegen der logarithmierten historischen Bevölkerung unterliegt die Lohnsumme

dagegen stärkeren Schwankungen. Das Datenproblem zeigt sich auch durch die geringfügige Erhöhung der Standardfehler.

Tabelle 24

Entwicklung der Lohnsumme und des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, IV-Schätzung (TSLS), Westdeutschland

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
Entwicklung der Lohnsumme, $y_{rt+1} - y_{rt}$						
In (Autobahnkilometer _{1937, 1994})	0,385 ^c (0,199)	0,514 ^a (0,180)	0,469 ^b (0,195)	0,414 ^b (0,203)	0,469 ^b (0,195))	0,414 ^b (0,203))
In (Lohnsumme ₁₉₉₄)	1,488 (1,627)	6,585 ^b (2,661)	7,854 ^a (2,880)	8,649 ^a (2,957)	7,854 ^a (2,880)	8,649 ^a (2,957)
Hansen (P-Wert)	0,95					
Kontrollvariablen						
{ ln (Bevölkerung) } _{t ∈ 1939,..., 1990}	N	J	J	J	J	J
Sozioökonomische Kontrollen	J	J	J	J	J	J
ln (Fläche)	J	N	N	N	N	N
Bundesländer	J	J	J	N	J	N
Kreistypen	J	N	J	J	J	J
Urbanisierung	N	N	N	N	J	J
Suburbanisierung	N	N	N	N	J	J
Historische Instrumente						
Reichsautobahnnetz ₁₉₃₇	J	J	J	J	J	J
Reichsstraßennetz ₁₉₃₇	J	J	N	N	N	N
Schienennetz ₁₈₉₀	J	J	J	J	J	J

Notation: In (X) = nat. Logarithmus der Variablen X. Konstanten werden nicht ausgewiesen. a, b, c signifikant bei Signifikanzniveau von 1 %, 5 %, 10 %. In Klammern: Standardfehler; Abhängige Variable – $\Delta_{1994, 2008}$ In Beschäftigung. Alle Regressionen unter Berücksichtigung der jeweilig benannten Instrumente.

Die Regressionsansätze zeigen auf, dass neben den historischen und sozioökonomischen Kontrollen auch den zeitinvarianten Variablen der höchste Erklärungsgehalt zukommt. Die für diese Studie relevanten Schätzansätze werden in den Spalten 3 und 4 ausgewiesen. Für die Infrastruktur rangieren die statistisch signifikanten Werte zwischen 0,469 und 0,414, für die Lohnsumme dagegen im Bereich von 7,854 und 8,649. Es bestätigen sich also wiederum die Zusammenhänge, dass das Lohnsummenwachstum innerhalb von Land- und Stadtkreisen positiv vom Ausgangsniveau des Verkehrsinfrastruktursystems abhängt. Auch wachsen wohlstandsstarke Regionen künftig schneller. Insbesondere ist diese Entwicklung in Regionen mit höheren Qualifikationsquotienten zu beobachten.⁴¹¹

In Spalte 3 wird die Spezifikation mit dem höchsten Erklärungsgehalt aufgezeigt. Der Infrastrukturkoeffizient liegt bei 0,469 und ist bei einem Signifikanzniveau von 5 % statistisch signifikant. Der hoch signifikante Beschäftigungskoeffizient ist auf 7,854 zu beziffern. Für die Wachstumsrelevanz der Indikatoren wird also empirische Evidenz gefunden werden. Um die

⁴¹¹ Ein Auszug der Tests findet sich in den Anhängen A 1, Tabelle 30, und A 2, Tabelle 32.

Spezifizierung des Modells zu kontrollieren, ist wieder auf den Test von Hansen Bezug zu nehmen. Die Nullhypothese wird dann abgelehnt, wenn die Prüfgröße den kritischen Wert aus der Chi-Quadrat-Verteilung übersteigt. Der P-Wert von 0,95 weist aus, dass die Nullhypothese (Vektor der Orthogonalitätsbedingungen ist null) nicht zu verwerfen ist.⁴¹² Das Modell ist demnach nicht fehlspezifiziert.

Insgesamt wird also deutlich, dass die Autobahninfrastruktur einen signifikant positiven Einfluss auf die Entwicklung des Wohlstands hat. Dies weist unmittelbar nach, dass Regionen, die über ein größeres Verkehrsinfrastrukturnetz verfügen, auch stärkeres Lohnsummenwachstum verzeichnen. Gleichzeitig ist zu beobachten, dass Regionen mit einem hohen Wohlstandsniveau tendenziell auch über ein stark ausgebautes Verkehrsnetz verfügen. Die Kausalrichtung geht also sowohl in die eine wie auch in die andere Richtung. Wieder zeichnet sich ab, dass entsprechend hohe Kausaleffekte in wohlstandsarmen Gebieten nachzuweisen sind. Der Ausbau des Verkehrsinfrastrukturnetzes kann also sehr wohl dazu verhelfen, das Wohlstandsgefälle zwischen den Regionen zu verringern. Es wird also empirische Evidenz dafür gefunden, dass ein stark positiver Zusammenhang zwischen der Verkehrsinfrastrukturausstattung und der regionalen Prosperität besteht.

6.3.7 Robustheit der Schätzungen

Die ausgearbeiteten Ansätze sollten auch ausgewählten Robustheitstests unterzogen werden. Die Koeffizienten werden dabei nochmals daraufhin kontrolliert, ob die hier aufgestellten Thesen verworfen oder akzeptiert werden können. Gleichzeitig können mit den Tests die Modelle und die dazu getroffenen Annahmen überprüft werden. Die Tests erfolgen vorliegend über den Einsatz von GMM (Generalized Method of Moments) und CUE (Continuously Updating Estimator – GMM).⁴¹³ Die Vorteile dieser Methoden sind insbesondere darin zu sehen, dass die Modellparameter unter sehr allgemeinen Bedingungen – also auch ohne Kenntnis der zugrundeliegenden Verteilung – konsistent zu schätzen sind. Zudem gelingt auch die Kontrolle der Validität der hier gewählten Spezifikation. Angewandt werden die zweistufige GMM und CUE. Als Untersuchungsgebiet dient der westdeutsche Raum. Die Schätzgleichungen beziehen sich also ausschließlich auf das für Deutschland ausgearbeitete Modell.

In Anlehnung an das oben dargestellte Vorgehen werden ebenfalls sukzessive Kontroll- und Dummy-Variablen berücksichtigt. Dabei kann beobachtet werden, inwieweit sich Sensitivitäten durch entsprechende Modellvariationen nachweisen lassen. Sollten hierbei größere Unterschiede zu beobachten sein, dann müsste auf Heterogenität geschlossen werden, entweder in der Datenbasis oder in der Methodik. Auch gelingt dadurch der Nachweis, ob sich etwa mit alternativen Methoden Effizienzvorteile ergeben könnten. In der Tabelle 25 werden dazu die Ergebnisse der Robustheitstests aufgezeigt. Bezug genommen wird dabei ausschließlich auf die für die vorliegende Problemstellung relevante Spezifikation.

⁴¹² Vgl. Hamilton (1994), S. 415.

⁴¹³ Die asymptotische Verteilung von CUE und LIML ist in linearen Modellen äquivalent, sofern eine schwache Instrumentierung und Varianzhomogenität vorliegen.

Tabelle 25

Wirtschaftswachstum und Entwicklung des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, IV-Schätzung, Westdeutschland

	Infrastruktur und Beschäftigung		Infrastruktur und Lohnsumme	
	[1]	[2]	[3]	[4]
	GMM	CUE GMM	GMM	CUE GMM
Wirtschaftswachstum, $y_{rt+1} - y_{rt}$				
In (Autobahnkilometer _{1937, 1994})	0,388 ^a (0,137)	0,393 ^a (0,136)	0,468 ^b (0,186)	0,468 ^b (0,186)
In (Beschäftigung ₁₉₉₄)	25,999 ^a (6,123)	26,004 ^a (6,136)		
In (Beschäftigung ₁₉₈₀)	-37,387 ^a (5,270)	-37,367 ^a (5,281)		
In (Lohnsumme ₁₉₉₄)			7,839 ^a (2,759)	7,839 ^a (2,759)
Hansen (P-Wert)	0,31	0,31	0,95	0,95
Kontrollvariablen				
{ In (Bevölkerung) } _{t ∈ 1939,..., 1990}	J	J	J	J
Sozioökonomische Kontrollen	J	J	J	J
In (Fläche)	N	N	N	N
Bundesländer	J	J	J	J
Kreistypen	J	J	J	J
Urbanisierung	N	N	N	N
Suburbanisierung	N	N	N	N
Historische Instrumente				
Reichsautobahnnetz ₁₉₃₇	J	J	J	J
Reichsstraßennetz ₁₉₃₇	N	N	N	N
Schienenennetz ₁₈₉₀	J	J	J	J

Notation: In (X)= nat. Logarithmus der Variablen X. Konstanten werden nicht ausgewiesen. a, b, c signifikant bei Signifikanzniveau von 1 %, 5 %, 10 %. In Klammern: Standardfehler; Abhängige Variable – $\Delta_{1994, 2008}$ In Beschäftigung. Alle Regressionen unter Berücksichtigung der jeweilig benannten Instrumente. GMM: Generalized Method of Moment; CUE: Continuously Updated (GMM) Estimator.

In den ersten beiden Spalten der oben stehenden Tabelle wird der Konnex zwischen der Verkehrsinfrastruktur und der Beschäftigung ausgewiesen. Durch die Anwendung von GMM ist ein Infrastrukturkoeffizient von ebenfalls 0,388 zu ermitteln. Das iterierte Schätzverfahren weist mit einem Wert von 0,393 nur eine geringfügige Steigerung nach. Die Effekte sind jeweils zum 1 %-Niveau hoch signifikant. Spalten 3 und 4 weisen die Robustheit der Ergebnisse hinsichtlich der Interdependenz zwischen dem Verkehrssystem und der Lohnsumme aus. Sowohl über die zweistufige GMM als auch über CUE GMM lässt sich die Wachstumswirksamkeit auf 0,468 beziffern. In beiden Fällen sind die Effekte zum 5 %-Niveau signifikant. Zusätzlich ist zu kontrollieren, ob Überidentifikationsrestriktionen verletzt sind und die Statistik damit nicht mehr asymptotisch der Chi-Quadrat-Verteilung unterliegt. Durch GMM und CUE lassen sich P-Werte in Höhe von 0,31 bzw. 0,95 nachweisen. Es wird also ebenfalls deutlich, dass keine

Fehlspezifizierung des Modells vorliegt. Die Nullhypothese ist demnach anzunehmen. In diesem Zusammenhang ist auch zu erwähnen, dass die P-Werte als Maß für die Güte der Schätzung interpretiert werden können. Je größer der Wert, desto höher ist auch die Informationsqualität des Schätzmodells.⁴¹⁴

6.3.8 Einflusswirkung von Verkehrsinfrastruktur auf das Wirtschaftswachstum

Für das westdeutsche Untersuchungsgebiet werden durch die IV-Schätzung Verkehrsinfrastrukturkoeffizienten von 0,338 für das Beschäftigungswachstum und von 0,469 für das Lohnsummenwachstum nachgewiesen. Es wird dabei jeweils ein Zeitraum von 14 Jahren unterstellt. Um die Einflusswirkung der Verkehrsinfrastruktur auf das Wirtschaftswachstum nachzuvollziehen, ist zusätzlich auf die jeweilig ermittelten Standardabweichungen einzugehen.

Tabelle 26

Der Einfluss des Autobahnnetzes auf das Wirtschaftswachstum, Westdeutschland

Beschäftigungswachstum			
Methode	Koeffizient	t-Statistik	Standardabweichung
OLS	0,560	5,320	2,712
TSLs	0,388	2,680	1,890
GMM	0,388	2,830	1,890
CUE	0,393	2,880	1,918
Lohnsummenwachstum			
Methode	Koeffizient	t-Statistik	Standardabweichung
OLS	0,766	5,370	3,740
TSLs	0,469	2,410	2,280
GMM	0,468	2,520	2,280
CUE	0,468	2,520	2,280

Notation: OLS: Ordinary Least Squares; TSLs: Two-stage Least Squares; GMM: Generalized Method of Moments; CUE: Continuously Updated (GMM) Estimator. Standardabweichung in In Prozentpunkten.

Tabelle 26 weist nach, dass die Koeffizienten und Standardabweichungen bei der TSLs-Methode und den Robustheitstests unterhalb den ermittelten Werten der OLS-Schätzungen liegen. In diesem Zusammenhang zeigt sich auch, dass die im Rahmen der IV-Schätzungen ermittelten Standardabweichungen (TSLs-, GMM-, iterierter GMM-Schätzer) mit Größen von 1,890 und 1,918 bzw. von 2,280 auf einem gleichwertigen und stabilen Niveau bleiben. Die Werte der oben aufgezeigten Tabelle machen insbesondere zwei Zusammenhänge deutlich: Zum einen hat das Verkehrssystem eine hohe Einflusswirkung auf das Wirtschaftswachstum. Zum anderen führen OLS-Regressionen tendenziell zur Überschätzung der Infrastruktureffekte.

⁴¹⁴ Vgl. Chan, Karolyi, Longstaff, Sanders (1992), S. 1220 ff.

6.3.9 Unterschied zwischen den OLS- und IV-Schätzwerten

Die durch die TSLS-Methode ermittelten Verkehrsinfrastrukturkoeffizienten fallen mit 0,388 bzw. 0,469 wesentlich geringer aus als die Schätzwerte der jeweilig korrespondierenden OLS-Regressionen. Die Differenzen deuten auf ein Endogenitätsproblem hin. Verschiedene Gründe können hierfür angeführt werden. Zu berücksichtigen ist, dass Messfehler in den Variablen vorliegen könnten. Im Hinblick auf die Kausaleffekte zwischen der Verkehrsinfrastruktur und der Beschäftigung bzw. der Lohnsumme ist dann die Validität der hier gewählten Spezifikation und der damit unterstellten Variablen zu überprüfen: Dazu müssen die Infrastrukturkoeffizienten aus den Tabellen exzerpiert und miteinander verglichen werden: Im Mittel liegen die in den OLS-Schätzungen nachgewiesenen Koeffizienten etwa 65 % über den hoch signifikanten Werten der TSLS-Schätzungen. Durchaus denkbar ist, dass bei Vorliegen von Messfehlern ähnlich hohe Differenzen zwischen den OLS- und IV-Schätzwerten zu beobachten wären, die die alloкатive Wirkung des bestehenden Infrastrukturnetzes auf das Wachstum des künftigen Verkehrssystems nachweisen. Bei den vorliegenden Ansätzen ist dies jedoch nicht der Fall.

Eine weitere Erklärung für die höheren OLS-Schätzwerte wäre jedoch, dass in Schätzgleichung (5.20) die Variable der $\ln(\text{Autobahnkilometer}_{1937, 1994})$ nicht unabhängig vom Störterm ist. Infolgedessen wäre natürlich die OLS-Schätzung inkonsistent. Die vorliegend ermittelten Werte lassen darauf schließen, dass Simultaneität bzw. invertierte Kausalität vorliegt. Die niedrigeren Schätzwerte der TSLS-Schätzungen erklären sich dadurch, dass für die endogene Variable die vorliegenden Instrumente berücksichtigt, dadurch Korrekturen – auch hinsichtlich unbeobachteter Variablen – vorgenommen und gleichzeitig die stochastischen simultanen Gleichungssysteme gelöst werden.

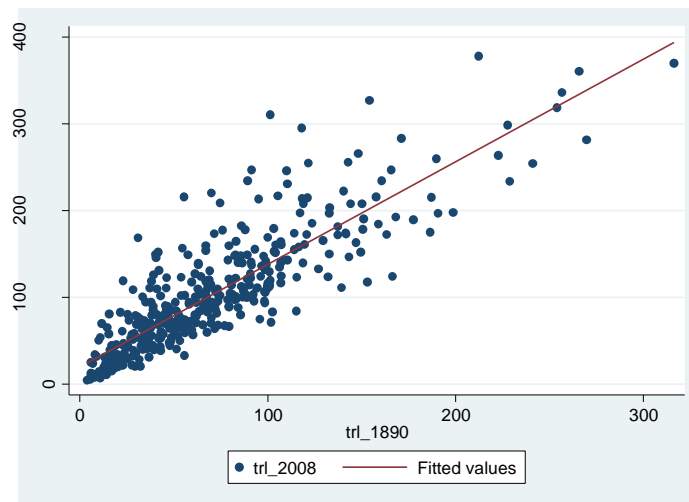
Es lässt sich also festhalten, dass die IV-Werte wegen des Endogenitätsproblems von den jeweils korrespondierenden OLS-Schätzwerten divergieren. Die wirtschaftsgeschichtlichen, theoretischen und empirischen Zusammenhänge weisen also nicht nur auf den rein monokausalen Verlauf hin, dass Verkehrsinfrastruktur Wirtschaftswachstum bewirkt. Auch ist zu berücksichtigen, dass die wirtschaftliche Entwicklung dazu veranlasst, weiterhin in die Infrastruktur zu investieren. Es ist also von einer Interdependenz auszugehen. Der Konnex wird durch die Validität der ausgearbeiteten Spezifikationen und insbesondere durch die hier gewählte Instrumentierung bestätigt.

6.4 Der Einfluss des Schieneninfrastruktursystems

In der Arbeit wird deutlich, dass dem Schieneninfrastruktursystem entsprechende Wachstumsrelevanz zukommen muss. Das hier ausgearbeitete Modell bezieht sich jedoch mehr auf die Angebotsseite. Es wird also herausgestellt, dass das Transportsystem nicht nur auf das regionale Marktpotenzial, sondern auch Einfluss auf den Aktionsradius der Unternehmen nimmt. Insofern erscheint es als nicht angebracht, die durch die Straßeninfrastruktur mit den durch das Schienennetz bewirkten Effekten gegeneinander abzuwägen. Um die Wachstumswirksamkeit des Schienensystems näher zu identifizieren, könnte jedoch unter Beibehaltung des hier ausgearbeiteten Ansatzes auf Datensätze abgestellt werden, die die Entwicklung der regionalen Bevölkerungszahlen näher beschreiben. Dies würde dann einen Vergleich zu dem in den USA nachgewiesenen Koeffizienten erlauben.

Unter Zugrundelegung des hier ausgearbeiteten Schätzansatzes deuten erste Tests ebenfalls auf einen relativ starken Konnex zwischen der Schiene und der wirtschaftlichen Entwicklung hin. Deutlich wird dies auch in Abbildung 16. Der Vorteil des Straßentransports könnte zwar – insbesondere im Hinblick auf kürzere Distanzen – in der Kosteneffizienz liegen. Jedoch lässt sich belegen, dass das Straßensystem vor dem Hintergrund des wachsenden Verkehrsaufkommens zunehmend auf Kapazitätsengpässe stößt. Aus volkswirtschaftlicher Sicht können die Limitationen dann überkompensiert werden, indem der Ausbau des Schienennetzes weiter forciert wird.

Abbildung 16
Regression, Schienenkilometer von 1890 und 2008, Westdeutschland



Quelle: Eigene Berechnungen; NUTS-3-Regionen, Gebietsstand von 2008; gefittete Werte liegen auf Regressionsgerade.

6.5 Effekte in Ostdeutschland

Bezogen auf die ostdeutschen NUTS-3-Regionen machen erste Tests deutlich, dass die Wachstumswirksamkeit des absoluten Infrastrukturausbaus abnimmt, je stärker das wirtschaftliche Niveau der Region ist. Diese Tatsache lässt wieder auf den abnehmenden Grenznutzen schließen. Dennoch kann festgehalten werden, dass ein unmittelbar positiver Zusammenhang zwischen der vorhandenen Verkehrsinfrastrukturausstattung und dem regionalen Wachstumspotenzial nachzuweisen ist. Gleichzeitig zeigt sich, dass der Ausbau des Autobahnnetzes abnimmt, je höher der Bestand der Infrastruktur ist. Hierin spiegelt sich wider, inwieweit das Verkehrssystem Einfluss auf die polyzentrische Entwicklung nimmt. Dieser Konnex ist ebenfalls auf die Hierarchieebenen der NUTS-2- und NUTS-1-Regionen zu übertragen.

Die Ansätze lassen darauf schließen, dass sich die hier vorliegende Methodik auch zur Identifizierung der innerhalb von Ostdeutschland auftretenden regionalen Kausaleffekte eignet. Auszüge der hierzu relevanten Datensätze finden sich in den Tabellen 27 und 28. Verglichen mit den Ergebnissen in den westdeutschen Gebieten deuten die Schätzwerte sogar höhere Wechselwirkungen zwischen dem Verkehrsinfrastruktursystem und dem Wirtschaftswachstum an. Als Argument könnte der defizitäre Bestand des Verkehrssystems angeführt werden.

Tabelle 27

Deskriptive Statistiken der Verkehrsinfrastrukturvariablen auf NUTS-3-Ebene, Ostdeutschland

Variable	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Fläche in km ²	1247,333	817,1265	38,97	3058,08
Autobahn 1937 (km)	15,84036	22,77984	0,0	126,298
Autobahn 1994 (km)	21,82719	26,28231	0,0	149,0
Autobahn 2008 (km)	33,75435	29,96223	0,0	142,0
Autobahndichte 1937	14,59756	20,42408	0,0	95,5309
Autobahndichte 1994	23,33662	28,23643	0,0	146,092
Autobahndichte 2008	34,3359	31,13071	0,0	144,8898
Bundesstraße 1937 (km)	103,9779	60,03138	0,0	250,144
Bundesstraße 1994 (km)	134,6096	87,82637	8,0	372,408
Bundesstraße 2008 (km)	132,3351	86,71113	0,0	400,184
Bundesstraßendichte 1937	114,5422	67,40799	34,50714	321,3241
Bundesstraßendichte 1994	132,08	63,8191	34,2736	333,5899
Bundesstraßendichte 2008	131,1831	69,54592	0,0	359,2507
Schiene 1890 (km)	105,9113	72,18493	5,724257	316,2393
Schiene 1994 (km)	171,0817	112,2673	7,58437	454,704
Schiene 2008 (km)	151,876	96,20025	5,203329	378,104
Schienenendichte 1890	110,799	64,5697	35,61497	325,0416
Schienenendichte 1994	173,6595	103,2436	66,53799	685,9868
Schienenendichte 2008	151,6981	76,7571	66,53799	456,5461

Quelle: Eigene Berechnungen; NUTS-3-Regionen, Gebietsstand von 2008.

Tabelle 28

Korrelationen für die das Infrastrukturnetz beschreibenden Variablen, Ostdeutschland

	Autobahn 1937	Autobahn 1994	Schiene 1890	Bundesstraße 1937
Autobahn 1937	1,0000			
Autobahn 1994	0,7357	1,0000		
Schiene 1890	0,2933	0,3252	1,0000	
Bundesstraße 1937	0,3867	0,3053	0,8001	1,0000

Quelle: Eigene Berechnungen; NUTS-3-Regionen, Gebietsstand von 2008; Variablen in Kilometern.

7 Konklusion

Für jede funktionierende Volkswirtschaft nehmen aufeinander abgestimmte Infrastruktursysteme mittlerweile eine zentrale Rolle ein. Alleine für das Bundesfernstraßensystem betragen die Ausgaben des Bundes über 6 Milliarden Euro. Um die ökonomische Wirkung der Investitionen nachvollziehen zu können, muss ein Verständnis dafür vermittelt werden, inwieweit sich Wechselwirkungen zwischen der Infrastruktur und dem volkswirtschaftlichen Wachstum bzw. der raumwirtschaftlichen Entwicklung einstellen. Die in dieser Arbeit ausgearbeiteten methodischen und analytischen Ansatzpunkte zielen darauf ab, den Sachverhalt der Kausalitätswirkung und -richtung auf makroökonomischer Basis zu untersuchen und zu identifizieren.

7.1 Methodisches Konzept

Ausgangspunkt der Arbeit sind die hier ausgearbeiteten ökonometrischen Mehrgleichungsmodelle. Während der Ansatz von Duranton und Turner auf ein nachfrageorientiertes Marktmodell abzielt, wird in dem für Deutschland ausgearbeiteten Ansatz die Relevanz der externen Effekte im Markt behandelt. Das Verkehrsinfrastruktursystem versteht sich dabei als Ressource, die die Angebotsbedingungen verbessert. In beide ökonometrische Modelle geht das Infrastrukturnetz als Charakteristikum ein, das die regionale Marktattraktivität näher beschreibt.

Darauf aufbauend erfolgt dann zunächst der Bezug zu den OLS-Regressionsansätzen. Ziel dabei ist, die Komplexität der empirischen Zusammenhänge aber auch die infolge von Spezifikationsänderungen auftretenden statistischen Probleme zu überblicken. Zu berücksichtigen ist jedoch die Schwierigkeit, dass in den klassischen Regressionsmodellen gegebenenfalls nicht alle erklärenden Variablen mit dem Störterm unkorreliert sind. Da die OLS-Schätzung gerade auf der Orthogonalität der erklärenden Variablen zu den Residuen beruht, wäre sie dann eben nicht erwartungstreu. In diesem Zusammenhang ist auch auf den in der ökonomischen Literatur und insbesondere den von Baum-Snow gegebenen Hinweis einzugehen, dass durchaus Endogenitätsprobleme zwischen den Verkehrsinfrastrukturmaßnahmen und der wirtschaftlichen Entwicklung auftreten können.

Auf Basis der zweistufigen Methode und unter Berücksichtigung von Instrumentvariablenregressionen ist es vorliegend gelungen, die endogenen Variablen in den hier aufgezeigten Spezifikationen durch exogene zu ersetzen. Dieser Ansatz erlaubt dann die konsistente Schätzung. Alle IV-Regressionen werden unter Berücksichtigung von Paneldatensätzen durchgeführt. Als Instrumente werden historische Daten für die Verkehrsnetze von 1890 und 1937 verwendet. Um die Vorgehensweise auch plausibel zu machen, wurden im wirtschaftsgeschichtlichen Kontext Argumentationsansätze ausgearbeitet, die auf die Relevanz und Exogenität der Instrumente schließen lassen. Mit Hilfe des vorliegenden Ansatzes kann das Endogenitätsproblem gelöst werden. Dadurch gelingt es, die durch das Verkehrsnetz generierten Effekte zu identifizieren. Sämtliche in dieser Arbeit berücksichtigten Variablen werden dazu auf die NUTS-3-Ebene des Gebietsstandes von 2008 disaggregiert. Somit können raumstrukturelle und (sozio-)ökonomische Heterogenitäten und Variationen über mehrere Jahrzehnte berücksichtigt und modellspezifisch eingearbeitet werden.

Die wesentlichen Neuerungen und Schwierigkeiten der vorliegenden Studie liegen also in der Ausarbeitung ökonometrischer Schätzgleichungen trotz des Fehlens einer ökonomischen

Theorie, in der Erhebung und Einarbeitung der hier aufgezeigten Datensätze und der Behandlung der Endogenitätsproblematik.

7.2 Analytische Ergebnisse

Die in dieser Arbeit angeführten OLS- und IV-Regressionen erlauben es, die Interdependenzwirkungen zwischen dem Verkehrssystem und der wirtschaftlichen Entwicklung zu beschreiben, zu plausibilisieren und zu quantifizieren. Gleichzeitig gelingt die Identifikation der infrastrukturellen Effekte, sowohl im Hinblick auf die wirtschaftliche wie auch auf die raumstrukturelle Entwicklung.

Auf Basis von unterschiedlichen ökonometrischen Schätzansätzen wird nachgewiesen, dass die Wirkungszusammenhänge über die Zeit hin tendenziell abnehmen. In den OLS-Regressionen liegen die Schätzwerte im Modellansatz von Duranton und Turner kontinuierlich über denen der hier ausgearbeiteten alternativen Spezifikation. Die Validität der Modelle ist jedoch gleichermaßen gegeben. Durch die Variation der Modellgleichungen können also mit demselben methodischen Konzept sowohl kurz- als auch langfristige Effekte beobachtet werden.

Gleichzeitig gelingt es nachzuvollziehen, welche alloкатive Wirkung das bestehende Infrastrukturnetz auf das künftige Verkehrssystem hat. Die Ergebnisse der OLS-Schätzungen legen nahe, dass der Verkehrsnetzausbau im Zeitraum von 1937 bis 1994 zu einem Rückgang des künftigen Wachstums der Verkehrsinfrastruktur geführt hat. Der entsprechende Koeffizient ist statistisch signifikant negativ. Vor dem Hintergrund der polyzentrischen Entwicklung und des flächenmäßig weitestgehend gleichwertig erschlossenen Verkehrsnetzes ist dieses Ergebnis auch plausibel. Natürlich deutet dieser Zusammenhang an, dass das Verkehrsnetz einen beträchtlichen Einfluss auf die regelmäßige Verteilung der Wirtschaftsstruktur innerhalb des Raumsystems hat. Dennoch lassen sich aus separaten Tests Rückschlüsse ziehen, dass auch dazu tendiert wird, in infrastrukturell stark erschlossenen NUTS-3-Gebieten weiteren Netzausbau zu betreiben.

Bezogen auf den westdeutschen Raum lässt sich mit dem Koeffizient von 0,388 ein durch das Verkehrsnetz bewirkter statistisch signifikanter positiver Effekt auf das künftige Beschäftigungswachstum nachweisen. Die Standardabweichung liegt bei 1,890. Hierin bestätigt sich der starke Einfluss, der von der Verkehrsnetzentwicklung im Zeitraum von 1937 bis 1994 ausgeht. Gleichzeitig ist nachzuweisen, dass sich tendenziell höhere Kausaleffekte in Regionen mit höherem Bildungs- oder niedrigerem Altersquotienten abzeichnen. Zugleich machen die Schätzwerte deutlich, dass die Wachstumswirksamkeit des Netzausbaus sinkt, je stärker die jeweilige Region infrastrukturell erschlossen ist. Auch wachsen größere bzw. wirtschaftsstärkere Regionen tendenziell langsamer. In diesem Konnex zeigt sich wiederum die Konvergenzbeziehung. Es wird damit deutlich, dass im Ausbau des Verkehrsinfrastruktursystems ein nachhaltiges Instrumentarium zu sehen ist, gesamtwirtschaftliches Wachstum sicherzustellen.

Ebenfalls kann nachgewiesen werden, dass das Verkehrssystem einen signifikant positiven Einfluss auf das regionale Lohnsummenwachstum hat. Über einen Zeitraum von 14 Jahren ist der Koeffizient auf 0,469 zu beziffern. Mit der Standardabweichung in Höhe von 2,280 bestätigt sich auch hier die stark positive Einflusswirkung. Gleichzeitig wird deutlich, dass Regionen mit

einem hohen Wohlstandsniveau über ein tendenziell stark ausgebautes Verkehrsnetz verfügen. Entsprechend hohe Kausaleffekte sind also durch einen weiteren Netzausbau in wohlstandsärmeren Regionen nachzuweisen. Umso wichtiger erscheint es, die hier ermittelten Kausaleffekte auch geographisch einzuordnen. Der Ausbau des Verkehrssystems kann damit auch zu einer Verringerung des Wohlstandsgefälles führen. Im Unterschied zum Wachstumsindikator der Beschäftigung wird in den Schätzergebnissen deutlich, dass die regionale Lohnsumme positiv auf das Lohnsummenwachstum der nächsten Jahre wirkt. Aus ökonomischer Sicht handelt es sich bei der Lohnsumme also um einen Wachstumsimpuls, der durchaus auch eine divergente Entwicklung anstoßen kann. Dies könnte an der zunehmenden regionalen Konzentration von Hochqualifizierten und dem dadurch eingeleiteten – möglicherweise auch ineffizienten – Verstädterungsprozess (im Sinne der physischen Urbanisierung) liegen. Umso erforderlicher erscheint es, durch verkehrs- und wirtschaftspolitische Maßnahmen Einfluss auf die Entwicklung des suburbanisierenden Raums zu nehmen (funktionale Urbanisierung).

Zwar lassen sich die empirischen Zusammenhänge sowohl durch OLS- wie auch IV-Regressionen nachvollziehen und bestätigen. Dennoch wird deutlich, dass die durch die IV-Regressionen ermittelten Infrastrukturkoeffizienten in allen hier unterstellten Spezifikationen unter den OLS-Schätzwerten liegen. So liegt bei der hier relevanten Spezifikation der OLS-Infrastrukturkoeffizient in Abhängigkeit der Beschäftigung bei 0,556, in den IV-Regressionen hingegen bei 0,388. Ein ähnliches Bild ergibt sich bei den nachzuweisenden Interdependenzen zwischen dem Ausbau des Verkehrssystems und der Entwicklung des Wohlstands. In den OLS-Regressionen wird der Infrastrukturkoeffizient in Abhängigkeit der Lohnsumme in Höhe von 0,768 nachgewiesen, in den IV-Regressionen ist er dagegen nur auf den Wert von 0,469 zu beziffern. Es kann also nicht von dem rein monokausalen Verlauf ausgegangen werden, dass Verkehrsinfrastruktur Wirtschaftswachstum erklärt. Auch ist die umgekehrte Kausalität zu berücksichtigen. OLS-Regressionen – etwa unter Berücksichtigung der Verkehrsinvestitionen als Inputvariable – führen demnach zu einer Überschätzung der Effekte. Insbesondere wird für Westdeutschland nachgewiesen, dass die vorliegend ausgearbeitete Spezifikation eine robust empirische Evidenz für die Wachstumsrelevanz der Verkehrsinfrastruktur aufzeigt. Im Hinblick auf das Beschäftigungswachstum liegen der GMM- wie auch der CUE-Schätzwert bei 0,388 bzw. 0,393 und sind jeweils hoch signifikant. Hinsichtlich der Kausalität zwischen dem Verkehrssystem und der regionalen Prosperität lässt sich sowohl über GMM wie auch über CUE ein Koeffizient in Höhe von 0,468 ermitteln. Die Ergebnisse führen also den Beweis für eine positive statistisch signifikante Interdependenz zwischen der Verkehrsinfrastruktur und dem wirtschaftlichen Wachstum. Das innerdeutsche Verkehrsnetz verleiht damit der gesamten Raum- und Wirtschaftsstruktur ein starkes Maß an Stabilität. Die Zusammenhänge deuten dabei darauf hin, dass sich räumliche Konzentrationen und wirtschaftliche Prosperität insbesondere in den Regionen beobachten lassen, in denen ein hoher Ausstattungsgrad an Verkehrsinfrastruktur vorliegt und eben auch die größeren Nutzen aus der unmittelbaren Netzanbindung gezogen werden können.

7.3 Verkehrspolitischer Nutzen und weiterer Forschungsbedarf

Die Schätzwerte erlauben im Allgemeinen, die theoretischen Zusammenhänge hinsichtlich der Kausalität zwischen dem Verkehrsinfrastruktursystem und dem volkswirtschaftlichen Wachstum bzw. der raumwirtschaftlichen Effizienz nachzuvollziehen. Im Speziellen dienen die Ergebnisse aber auch politisch-ökonomischen Entscheidungszwecken. Mit den vorliegenden Schätzansätzen gelingt es erstmals, die Wechselwirkungen zwischen dem Verkehrsinfrastruktursystem und der wirtschaftlichen Entwicklung nachzuweisen. Basierend auf diesen Ausarbeitungen können damit die Effekte von künftigen Verkehrsinvestitionen auf NUTS-3-Ebene identifiziert und quantifiziert werden, sowohl über kurze als auch über lange Zeiträume.⁴¹⁵ Auch gelingt es, die Effekte zu monetarisieren. Dadurch können dann fiskalische Wirkungen nachvollzogen, infrastrukturelle Investitionsvorhaben mit alternativen Verwendungsmöglichkeiten verglichen und eventuell auftretende Opportunitätskosten ermittelt werden. Weiterhin kann überprüft werden, inwieweit sich verkehrspolitische Vorhaben selbst finanzieren. Auf diese Weise könnte dann auch der volkswirtschaftliche Nutzen alternativer Finanzierungskonzepte ermittelt werden.⁴¹⁶

Auch ist es möglich, die in dieser Studie angeführten Ansätze noch weiter auszubauen. So könnten die Effekte unterschiedlicher Verkehrsträgerarten beobachtet werden. Durch die gesamtheitliche Betrachtung des Infrastruktursystems gelingt es dann nachzuvollziehen, inwieweit sich Engpässe durch einen gezielten Netzausbau beheben und sich dadurch wiederum Wachstumseffekte realisieren lassen. In diesem Zusammenhang ist auch zu ermitteln, inwieweit signifikante Effekte durch einen (über-)regionalen Netzausbau in benachbarten Regionen nachzuweisen sind. Eine zentrale Frage wird natürlich auch diejenige sein, in welcher Höhe sich die Kausaleffekte zwischen den west- und ostdeutschen Regionen voneinander unterscheiden. In allen Ansätzen werden die infrastrukturellen, wirtschaftlichen und raumstrukturellen Interaktionen im Fokus stehen müssen.

⁴¹⁵ Es ist unerlässlich, die durch das Verkehrsnetz generierten Effekte auf möglichst disaggregierter Ebene nachzuvollziehen. Theoretisch könnten nämlich durchaus regionale Sättigungseffekte auftreten. Durch einen weiteren Netzausbau würde dann allenfalls Einfluss auf das Verhalten der Verkehrsteilnehmer genommen.

⁴¹⁶ Politische Relevanz haben insbesondere Öffentlich-Private Partnerschaften.

8 Literatur

- Aaron, H., 1990.** Discussion of why is infrastructure important? Munnell, A., Is there a shortfall in public investment? Federal Reserve Bank of Boston. Boston. 1990, S. 51 – 63.
- Abbas, K. A., Bell, M. G. H., 1994.** System dynamics applicability to transportation modeling. Transportation Research A 28. 1994, S. 373 – 400.
- Aberle, G., 1997.** Transportwirtschaft. 2. Auflage. München/ Wien. 1997.
- Acemoglu, D., Johnson, S., Robinson, J. A., 2001.** The colonial origins of economic development: An empirical investigation. American Economic Review 110(5). 2001, S. 1369 – 1401.
- Ahmed, Y., O'Sullivan, P., Suiono, D., Wilson, D., 1976.** Road investment programming for developing countries: An Indonesian example. Evanston: Northwestern University. 1976.
- Albert, H., 1967.** Modellplatonismus: Der neoklassische Stil des ökonomischen Denkens in kritischer Beleuchtung. Maus, H., Fürstenberg, F., Marktsoziologie und Entscheidungslogik. Soziologische Texte, Band 36. Neuwied am Rhein, Berlin. 1967.
- Alonso, W., 1964.** Location and land use. Toward a general theory of land rent. Cambridge, MA: Harvard University Press. 1964.
- Anas, A., 1981.** The estimation of multinomial logit models of joint location and mode choice from aggregated data. Journal of Regional Science 21. 1981, S. 223 – 242.
- Anas, A., Arnott, R., Small, K. A., 1998.** Urban spatial structure. Journal of Economic Literature 36(3). 1998, S. 1426 – 1464.
- Anas, A., Duann, L. S., 1985.** Dynamic forecasting of travel demand, residential location and land development. Papers in Regional Science 56. 1985, S. 37 – 58.
- Anas, A., Kim, I., 1996.** General equilibrium models of polycentric urban land use with endogenous congestion and job agglomeration. Journal of Urban Economics 40. 1996, S. 232 – 256.
- Anas, A., Moses, L. N., 1979.** Mode choice, transport structure and urban land use. Journal of Urban Economics 6. 1979, S. 228 – 246.
- Andel, N., 1998.** Finanzwissenschaft. 4. Auflage. Tübingen. 1998.
- Anselin, L., Varga, A., Acs, Z. J., 1997.** Entrepreneurship, geographic spillovers and university research – A spatial econometric approach. ESCR Centre for Business Research, University of Cambridge, Working Paper (59). 1997.
- . 2000.** Geographic and sectoral characteristics of academic knowledge externalities. Papers in Regional Science, 79. 2000, S. 435 – 443.
- Arrow, K. J., 1963.** The economic implication of learning by doing. Review of Economic Studies 29. 1963, S. 155 ff.

- Aschauer, D. A., 1989a.** Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics* 23. 1989a, S. 177 – 200.
- **1989b.** Does public capital crowd out private capital? *Journal of Monetary Economics* 24. 1989b, S. 171 – 188.
- **1989c.** Public investment and productivity growth in the group of seven. *Economic Perspectives* 13(5). 1989c, S. 17 – 25.
- **1995.** Infrastructure and macroeconomic performance: Direct and indirect effects. OECD, Investment, productivity and employment, The OECD Jobs Study. Paris. 1995, S. 85 – 101.
- Attaray, E., 1988.** Transportation and economic prosperity. Issue paper, economic and financial analysis branch, office of strategic management & policy analysis, division of transportation planning. California Department of Transportation. 1988.
- Au, Ch.-Ch., Henderson, J. V., 2006a.** How migration restrictions limit agglomeration and productivity in china. *Journal of Development Economics* 80(2). 2006a, S. 350 – 388.
- **2006b.** Are chinese cities too small? *Review of Economic Studies* 73(3). 2006b, S. 549 – 576.
- Aubert, S., Stephan, A., 2000.** Regionale Infrastrukturpolitik und ihre Auswirkung auf die Produktivität: Ein Vergleich von Deutschland und Frankreich. Discussion Paper, Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung. 2000.
- Bahr, H., 1891.** Russische Reisen. Dresden und Leipzig. 1891.
- Bajo-Rubio, O., Sosvilla-Riviero, S., 1993.** Does public capital affect private sector performance? An analysis of the spanish case 1964 – 1988. *Economic Modelling* 10(3). 1993, S. 179 – 185.
- Baldwin, R., Forslid, R., Martin, P., Ottaviano, G., Robert-Nicoud, F., 2003.** Economic geography and public policy. Princeton University Press. 2003.
- Banister, D., Berechman J., 2000.** Transport investment and economic development. UCL Press. London. 2000.
- Barrios, S., Bertinelli, L., Strobl, E., 2006.** Climatic change and rural-urban migration: The case of sub-saharan Africa. *Journal of Urban Economics* 60(3). 2006, S. 357 – 371.
- Barro, R. J., 1990.** Government spending in a simple model of endogenous growth. *Journal of Political Economy*, 98. 1990, S. 103 – 125.
- **1991.** Economic growth in a cross section of countries. NBER Working Papers 3120, National Bureau of Economic Research, Inc. 1991.
- Barro, R. J., Sala-i-Martin, X., 1992.** Convergence. *Journal of Political Economy*, 100(2). 1992, S. 223 – 251.
- **1992.** Public finance in models of economic growth. *Review of Economic Studies*, Wiley Blackwell 59(4). 1992, S. 645 – 661.
- **1995.** Economic Growth. New York, McGraw Hill. 1995.

- Bauer, Th. K., Fertig, M., Schmidt, Ch. M., 2009.** Empirische Wirtschaftsforschung. Berlin, Heidelberg. 2009.
- Baumeister, R., 1876.** Stadterweiterungen in technischer, baupolizeilicher und wirtschaftlicher Beziehung. Berlin. 1876.
- Baum-Snow, N., 2007a.** Did highways cause suburbanization? The Quarterly Journal of Economics 122. 2007a, S. 775 – 805.
- . **2007b.** Suburbanization and transportation in the monocentric model. Journal of Urban Economics 62. 2007b, S. 405 – 423.
- . **2010.** Changes in transportation infrastructure and commuting patterns in U.S. metropolitan areas 1960 – 2000. American Economic Review Papers & Proceedings 100. 2010, S. 378 – 382.
- Bell, M. E., McGuire T. J., 1997.** Macroeconomic analysis of the linkage between transportation investment and economic performance. National cooperative highway research program, Report 389, National Academy Press, Washington, D.C. 1997.
- Ben-Akiva, M. E., Lerman, S. R., 1985.** Discrete choice analysis: Theory and application to travel demand. MIT Press. Cambridge. 1985.
- Berechman, J., 1994.** Urban and regional economic impacts of transportation investment: A critical assessment and proposed methodology. Transportation Research A 28(4). 1994, S. 351 – 362.
- . **1995.** Transport infrastructure investment and economic development. Banister, D., transport and urban development. London. 1995.
- Berechman, J., Ozmen, D., Ozbay, K., 2006.** Empirical analysis of transportation investment and economic development at state, county and municipality levels. Transportation 33(6). 2006, S. 537 – 551.
- Bertenrath, R., Thöne, M., Walther, Ch., 2006.** Wachstumswirksamkeit von Verkehrsinvestitionen in Deutschland. Finanzwissenschaftliches Forschungsinstitut an der Universität Köln, Forschungsauftrag 13/04 des Bundesministeriums der Finanzen, FiFo-Berichte (7). 2006.
- Bertinelli, L., Black, D., 2004.** Urbanization and growth. Journal of Urban Economics 56(1). 2004, S. 80 – 96.
- Bhagwati, J. N., 1989.** Is free trade passé after all? Weltwirtschaftl. Archiv, Band 125. 1989, S. 17 – 44.
- Biehl, D., 1986.** The contribution of infrastructure to regional development. Brüssel. 1986.
- . **1991.** The role of infrastructure in regional development. Vickermann, R. W., Infrastructure and regional development. London. 1991, S. 9 – 35.
- . **1995.** Infrastruktur als Bestimmungsfaktor regionaler Entwicklungspotentiale in der Europäischen Union. Karl, H., Heinrichsmeyer, W., Regionalentwicklung im Prozess der Europäischen Union. Bonn. 1995, S. 59 – 86.
- Biehl, D., Hußmann, E., Rautenberg, K., Schnyder, S., Südmeyer, V., 1975.** Bestimmungsgründe des regionalen Entwicklungspotenzials. Tübingen. 1975.

- Birk, A., 1934.** Die Straße, ihre verkehrs- und bautechnische Entwicklung im Rahmen der Menschheitsgeschichte. Karlsbad-Drahowitz. 1934.
- Black, D., Henderson, J. V., 1999.** A theory of urban growth. *Journal of Political Economy* 107(2). 1999, S. 252 – 284.
- Blum, U., 1982a.** Effects of transportation investments on regional growth: A theoretical and empirical investigation. *Papers of the Regional Science Association* 49. 1982a, S. 169 – 184.
- . **2004.** Raumwirtschaftliche Effizienz von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen. Informationen zur Raumentwicklung, Heft 6. 2004.
- Boarnet, M. G., 1998.** Spillovers and the locational effects of public infrastructure. *Journal of Regional Science* 38. 1998, S. 381 – 400.
- Bodenheim, B., 1876.** Die Verkehrswege Deutschlands und die Reichseisenbahnfrage in ihren Wechselwirkungen auf Industrie und Handel. Hannover. 1876.
- Bohnet, M., 1968.** Die Konzepte der external economies unter Berücksichtigung ihrer Bedeutung für Entwicklungsländer. Zum Problem der binnenwirtschaftlichen Integration. Berlin. 1968, S. 22 – 86.
- Bondi, G., 1958.** Deutschlands Außenhandel 1815 – 1870. Berlin. 1958.
- Borgh, R. van der, 1894.** Das Verkehrswesen. Leipzig. 1894.
- Borries, B. von, 1970.** Deutschlands Außenhandel 1836 bis 1856. Eine statistische Untersuchung zur Frühindustrialisierung. Diss., Stuttgart. 1970.
- Böventer, E. von, 1988.** Raumwirtschaft, I., Theorie. Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft, 2. Auflage. Göttingen. 1988.
- Braunerhjelm, P., Faini, R., Norman, V., Ruane, F., Seabright, P., 2000.** Integration and the regions of europe: How the right policies can prevent polarization. *Monitoring European Integration* 10, CEPR. 2000.
- Breusch, T. S., 1978.** Testing for autocorrelation in dynamic linear models. *Australian Economic Papers* 17. 1978, S. 334 – 355.
- Breusch, T. S., Pagan, A. R., 1980.** A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. *Econometrica*, 47. 1980, S. 1287 – 1294.
- Bröcker, J., 1994.** Die Lehren der neuen Wachstumstheorie für die Raumentwicklung und die Regionalpolitik. *Regionalentwicklung und regionale Arbeitsmarktpolitik*. Blien, U., Herrmann, H., Koller, M. 1994, S. 29 – 50.
- . **1996.** An evaluation of economic effects of road investments. *European federation for transport and environment, roads and economy*. Brüssel. 1996, S. 12 – 18.
- Brückl, S., Molt, W., 1996.** Kostenwahrheit, Verkehrsinfrastruktur und wirtschaftliche Entwicklung. Augsburg. 1996.
- Brueckner, J. K., 1987.** The structure of urban equilibria: A unified treatment of the Muth-Mills model. Mills, E. S., *Urban economics*. Elsevier, North Holland 2, *Handbook of Regional and Urban Economics*. Chapter 20. 1987, S. 821 – 845.

- Burckardt, T., 2004.** Agglomeration und Finanzausgleich, Die Ursachen räumlicher Konzentration und die allokativen Bedeutung interregionaler Transfers. Diss. Universität Köln. 2004.
- Button, K. J., 1993.** Transport economics. 2. Auflage, Aldershot. 1993.
- . **1998.** Infrastructure investment, endogenous growth and economic convergence. *Annals of Regional Science* 32. 1998, S. 145 – 162.
- Calderón, C., Servén, L., 2003.** The output cost of Latin America's infrastructure gap. Easterly W., Servén, L., *The limits of stabilization: Infrastructure, public deficits, and growth in Latin America*, Stanford University Press and the World Bank. Stanford. 2003.
- Canning, D., Pedroni, P., 1999.** Infrastructure and long-run economic growth. Working Paper (99-109), Center for Analytical Economics, Cornell University. New York. 1999.
- Canning, D., Bennathan, E., 2000.** The social rate of return of infrastructure investment. Working Paper (2390), World Bank. Washington, D.C. 2000.
- Chamberlin, E. H., 1933.** The theory of monopolistic competition. Cambridge, MA. 1933.
- Chan, K. C., 1992.** An empirical comparison of alternative models of the short-term interest rate. 1992.
- Chan, K. C., Karolyi, G. A., Longstaff, F. A., Sanders, A. B., 1992.** An empirical comparison of alternative models of the short-term interest rate. *The Journal of Finance* 47. 1992, S. 1209 – 1227.
- Chandra, A., Thompson, E., 2000.** Does public infrastructure affect economic activity? Evidence from the rural interstate highway system. *Regional Science and Urban Economics* 30(4). 2000, S. 457 – 490.
- Ciccone, A., 2002.** Agglomeration effects in Europe. *European Economic Review* 46(2). 2002, S. 213 – 227.
- Coase, R., 1970.** The theory of public utility pricing and its application. *Bell Journal of Economics and Management Science* 1. 1970.
- Combes, P.-Ph., Duranton, G., Overman, H. G., 2005.** Agglomeration and the adjustment of the spatial economy. *Papers in Regional Science* 84(3). 2005, S. 311 – 349.
- Combes, P.-Ph., Duranton, G., Gobillon, L., Roux, S., 2008b.** Estimating agglomeration economies with history, geography, and worker effects. University of Toronto. 2008b.
- Combes, P.-Ph., Mayer, T., Thisse, J., 2008c.** Economic geography. Princeton (NJ): Princeton University Press. Forthcoming. 2008c.
- Costa, J., Ellison, R., Martin, R., 1987.** Public capital, regional output, and development: Some empirical evidence. *Journal of Regional Science* 27(3). 1987, S. 419 – 437.
- Currie, J. M., Murphy, J. A., Schmitz, A., 1971.** The concept of economic surplus and its use in economic analysis. *Economic Journal* 81. 1971.
- Cutanda, A., Paricio, J., 1994.** Infrastructure and regional economic growth: The Spanish case. *Regional Studies* 28. 1994, S. 69 – 77.

- da Mata, D., Deichmann, U., Henderson, J. V., Lall, S. V., Wang, H. G., 2005.** Examining the growth patterns of Brazilian cities. Policy Research Working Paper 3724, World Bank. Washington, D.C. 2005.
- . **2007.** Determinants of city growth in Brazil. *Journal of Urban Economics* 62(2). 2007, S. 252 – 272.
- Daly, H. E., 1994.** Die Gefahren des freien Handels. *Spektrum der Wissenschaft*, H. 1. 1994, S. 40 – 46.
- Deichmann, U., Kaiser, K., Lall, S. V., Shalizi, Z., 2005.** Agglomeration, transport, and regional development in Indonesia. Policy Research Working Paper 3477, World Bank. Washington, D.C. 2005.
- Desai, A. V., 1968.** Real wages in Germany 1871 – 1913. Oxford University Press. 1968.
- Dixit, A., Stiglitz J., 1977.** Monopolistic competition and optimum product diversity. *American Economic Review* 67. 1977, S. 297 – 308.
- Döhn, H., 1957.** Eisenbahnpolitik und Eisenbahnbau in Rheinhessen 1835 – 1914. Dissertation, Mainz. 1957.
- Dröll, H., 1912.** Sechzig Jahre hessische Eisenbahnpolitik 1836 – 1896. Ein Beitrag zur Geschichte des deutschen Eisenbahnwesens. Leipzig. 1912.
- Duffy-Deno, K., Eberts, R., 1991.** Public infrastructure and regional economic development: A simultaneous equations approach. *Journal of Urban Economics* 30. 1991, S. 329 – 343.
- Duggal, V., Saltzman, C., Klein, L., 1999.** Infrastructure and productivity: A nonlinear approach. *Journal of Econometrics* 92. 1999, S. 47 – 74.
- Duranton, G., 2007.** Urban evolutions: The fast, the slow, and the still. *American Economic Review* 97(1). 2007, S. 197 – 221.
- . **2008.** Cities: Engines of growth and prosperity for developing countries? The International Bank for Reconstruction and Development; The World Bank; Commission on Growth and Development, Working Paper (12). 2008.
- Duranton, G., Puga, D., 2004.** Micro-foundations of urban agglomeration economies. Henderson, V., Thisse, J.-F., *Handbook of Regional and Urban Economics* 4. Amsterdam: North-Holland. 2004, S. 2063 – 2117.
- Duranton, G., Turner, M. A., 2007.** Urban growth and transportation. University of Toronto. 2007.
- . **2008.** Urban growth and transportation. University of Toronto. 2008.
- . **2011.** Urban growth and transportation. University of Toronto. 2011.
- Durbin, J., Watson, G. S., 1950.** Testing for serial correlation in least-squares regression I. *Biometrika*, 37. 1950, S. 409 – 428.
- Durlauf, S. N., Johnson, P. A., Temple, J. W., 2005.** Growth econometrics. Aghion, P., Durlauf, S. N., *Handbook of Economic Growth* 1A. Amsterdam: North-Holland. 2005, S. 555 – 677.

- Eaton, J., Eckstein, Z., 1997.** Cities and growth: Theory and evidence from France and Japan. *Regional Science and Urban Economics* 27(4 – 5). 1997, S. 443 – 474.
- Eberts, R., 1986.** Estimating the contribution of urban public infrastructure to regional growth. Working Paper (8610), Federal Reserve Bank of Cleveland. Cleveland, December. 1986.
- Eberts, R. W., Fogarty, M. S., 1987.** Estimating the relationship between local public and private investment. Working Paper 8703, Federal Reserve Bank of Cleveland. Cleveland. 1987.
- Eckey, H.-F., Kosfeld, R., Muraro, N., 2009.** Auswirkungen der Bevölkerungsentwicklung auf das wirtschaftliche Niveau der Regionen in Deutschland. Joint Discussion Paper Series in Economics by the Universities of Aachen. Gießen, Göttingen, Kassel, Marburg, Siegen. 2009.
- Eckey, H.-F., Kosfeld, R., Türck, M., 2004.** Regionale Produktionsfunktionen mit Spillover-Effekten für Deutschland. Universität Kassel, Volkswirtschaftliche Diskussionsbeiträge (64). 2004.
- Eckstein, P. P., 2006.** Germanias Albträume – Eine demometrische Diagnose. Schmeisser, W., Zündorf, H., Eckstein, P., Finanzwirtschaft, Finanzdienstleistungen, Empirische Wirtschaftsforschung, Band 4. München, Mering. 2006.
- Eisenbahnzeitung, 1849.** Ausgabe 7. 1849.
- Eisner, R., 1991.** Infrastructure and regional economic performance: Comment. *New England Economic Review*. 1991, S. 47 – 58.
- . **1994.** Real government saving and the future. *Journal of Economic Behavior and Organization* 23. 1994, S. 111 – 126.
- El-Agraa, A., 1989.** The theory and measurement of international economic integration. St. Martin's Press, New York. 1989.
- Evans, P., Karras, G., 1994.** Are government activities productive? Evidence from a panel of U.S. States. *Review of Economics and Statistics* 76(1). 1994, S. 1 – 11.
- Falvey, R. E., 1994.** The theory of international trade. Greenaway, D., Winters, L. A., *Surveys in international trade*. Oxford, Blackwell. 1994.
- Feix, T., 1995.** Räumliche Wirtschaftsstruktur und Industriepolitik. Wiesbaden. 1995.
- Fernald, J. G., 1999.** Roads to prosperity? Assessing the link between public capital and productivity. *American Economic Review* 89(3). 1999, S. 619 – 638.
- Finn, M., 1993.** Is all government capital productive? Federal Reserve Bank of Richmond, *Economic Quarterly* 79(4). 1993, S. 53 – 80.
- Fishlow, A., 1965.** American railroads and the transformation of the ante-bellum economy. Cambridge (MA): Harvard University Press. 1965.
- Fogel, R., 1964.** Railroads and american economic growth. *Essays in Economic History*. Baltimore (MD): Johns Hopkins University Press. 1964.
- Ford, R., Poret, P., 1991.** Infrastructure and private-sector productivity. *Economic Studies* 17. 1991, S. 63 – 69.

- Forkenbrock, D. J., Foster, N. S. J., 1990.** Economic benefits of a corridor highway investment. *Transportation Research A* 24. 1990.
- Forslid, R., Ottaviano, G. I. P., 2003.** An analytically solvable core-periphery model. *Journal of Economic Geography*, 3. 2003, S. 229 – 240.
- Forslund, U. M., Johannson, B., 1995.** Assessing road investments: Accessibility changes, cost benefit and production effects. *Annals of Regional Science* 29. 1995, S. 155 – 174.
- Frankfurter Jahrbücher, 1837.** Eine Zeitschrift für die Erörterung hiesiger öffentlicher Angelegenheiten, Bd. 9. 1837.
- Fremdling, R., 1985.** Eisenbahnen und deutsches Wirtschaftswachstum 1840 – 1879. Ein Beitrag zur Entwicklungstheorie und zur Theorie der Infrastruktur. 2. Auflage. Dortmund. 1985.
- Frenkel, M., Hemmer, H.-R., 1999.** Grundlagen der Wachstumstheorie. München. 1999.
- Frey, R. L., 1972.** Infrastruktur – Grundlagen der Planung öffentlicher Investitionen. 2. Auflage. Tübingen. 1972.
- . 1979. Die Infrastruktur als Mittel der Regionalpolitik. Bern. 1979.
- Fuchs, H., 1907.** Geschichte des badischen Gütertarifwesens bis zur Tarifreform 1877. Karlsruhe. 1907 .
- Fujita, M., 1989.** Urban economic theory. Land use and city size. Cambridge University Press. 1989.
- Fujita, M., Krugman, P., Mori, T., 1999.** On the evolution of hierarchical urban systems. *European Economic Review* 43. 1999.
- Fujita, M., Krugman, P., Venables, A., 1999.** The spatial economy: Cities, regions, and international trade. MIT Press. Cambridge. 1999.
- Fujita, M., Mori, T., 2005.** Frontiers of the new economic geography. *Papers in Regional Science* 84(3). 2005, S. 377 – 405.
- . 2005. Transport development and the evolution of economic geography. *Portuguese Economic Journal* 4(2). 2005, S. 129 – 156.
- Fujita, M., Ogawa, H., 1982.** Multiple equilibria and structural transition of non monocentric urban configurations. *Regional Science and Urban Economics* 12. 1982, S. 161 – 196.
- Fujita, M., Thisse, J., 2002.** Economics of agglomeration, cities, industrial location and regional growth. Cambridge. Cambridge University Press. 2002.
- Gall, L., Pohl, M., 1999.** Die Eisenbahn in Deutschland: Von den Anfängen bis zum Ersten Weltkrieg. München. 1999.
- García-López, M.-Á., 2011.** Urban spatial structure and its changes. When transportation infrastructure matters. Universitat Autònoma de Barcelona – Institut d’ Economia de Barcelona. 2011.
- Garcia-Milà, T., McGuire, T., 1992.** The contribution of publicly provided inputs to states’ economies. *Regional Science and Urban Economics* 22. 1992, S. 229 – 241.

- Garcia-Milà, T., McGuire, T., Porter, R., 1996.** The effect of public capital in state-level productions functions reconsidered. *The Review of Economic and Statistics* 78. 1996, S. 177 – 180.
- Gerlach, W., 1960.** Fortschritte der Naturwissenschaft im 19. Jahrhundert. Mann, G., Propyläen Weltgeschichte, Eine Universalgeschichte, Band 8. 1960.
- Giuliano, G., 1991.** Is jobshousing balance a transportation issue? *Transportation Research Record*, 1305. 1991.
- Glaeser, E. L., 2007.** The economic approach to cities. Harvard University and NBER, Preliminary Draft. 2007, S. 8 ff.
- Glaeser, E. L., Gyourko, J., 2005.** Urban decline and durable housing. *Journal of Political Economy* 113(2). 2005, S. 345 – 375.
- Glaeser, E. L., Kahn, M., Rappaport, J., 2008.** Why do the poor live in cities? *Journal of Urban Economics* 63(1). 2008, S. 1 – 24.
- Glaister, S., 1981.** Fundamentals of transport economics. Oxford. 1981.
- Godfrey, L., 1978.** Testing against general autoregressive and moving error models when the regressors include lagged dependent variables. *Econometrica* 46. 1978, S. 1293 – 1302.
- Gömmel, R., 1978.** Wachstum und Konjunktur der Nürnberger Wirtschaft (1815 – 1914). Beiträge zur Wirtschaftsgeschichte. Kellenbenz, H. und Schneider, J., Band 1. Stuttgart. 1978.
- . **1979.** Realeinkommen in Deutschland, Ein internationaler Vergleich 1810 – 1914. Vorträge zur Wirtschaftsgeschichte Heft 4. Nürnberg. 1979.
- . **1986.** Transportkosten und ihr Einfluß auf die Integration von Wirtschaftsräumen. *Economica*, Aachener Gesellschaft für angewandte Wirtschaftsforschung e.V. Aachen. 1986.
- Goodwin, P., 2001.** Assessing the benefits of transport. European Conference of Ministers of Transport (ECMT), OECD Publications Service. Paris. 2001.
- Gramlich, E., 1994.** Infrastructure investment: A review essay. *Journal of Economic Literature*, 32. 1994, S. 1176 – 1196.
- Granger, C. W. J., 1981.** Some properties of time series data and their use in econometric model specification. *Journal of Econometrics* 16(1). 1981, S. 121 – 130.
- Granger, C. W. J., Newbold, P., 1974.** Spurious regressions in econometrics. *Journal of Econometrics* 2(2). 1974, S. 111 – 120.
- Griliches, Z., 1979.** Issues in assessing the contribution of research and development to productivity growth. *Bell Journal of Economics*, 10. 1979, S. 92 – 116.
- Grossman, G. M., Helpman E., 1991.** Innovation and growth in the global economy. MIT Press. Cambridge. Mass. 1991.
- Haas, A., Möller, J., 2001.** Qualifizierungstrends und regionale Disparitäten. Eine Untersuchung auf Grundlage der IAB-Beschäftigungsstichprobe aus der Beschäftigtenstatistik. *Mitteilungen aus Arbeitsmarkt und Berufsforschung* 34. 2001, S. 139 – 151.

- Hahne, U., Stackelberg, K., 1994.** Regionale Entwicklungstheorien. EURES Discussion Paper (39). Freiburg. 1994.
- Hamerow, T. S., 1958.** Restauration, revolution, reaction; Economics and politics in Germany, 1815 – 1871. Princeton. 1958.
- Hamilton, J. D., 1994.** Time series analysis. Princeton. 1994.
- Hansen, W. G., 1959.** How accessibility shapes land use. Journal of the American Institute of Planners, 25(2). 1959, S. 73 – 76.
- Hanson, G. H., 1998.** Regional adjustment to trade liberalization. Regional Science and Urban Economics 28. 1998, S. 419 – 444.
- . **2000.** Market potential, increasing returns, and geographic concentration. Revidierte Version des NBER Working Paper (6429), (1998). 2000.
- Harmatuck, D., 1996.** The influence of transportation infrastructure on economic development. Logistics and Transportation Review 32(1). 1996, S. 76 – 92.
- Hartwig, K.-H., 2005.** Infrastrukturpolitik in der Diskussion. Hartwig, K.-H. / Knorr, A., Neuere Entwicklungen in der Infrastrukturpolitik. Beiträge aus dem Institut für Verkehrswissenschaft an der Universität Münster (157). Göttingen. 2005, S. 7 – 30.
- Hassert, K., 1931.** Allgemeine Verkehrsgeographie. 2 Bände, Berlin, Leipzig. 1931.
- Haughwout, A. F., 2002.** Public infrastructure investments, productivity and welfare in fixed geographical areas. Journal of Public Economics 83(3). 2002, S. 405 – 428.
- Haushofer, M., 1873.** Grundzüge des Eisenbahnwesens in seinen ökonomischen, politischen und rechtlichen Beziehungen. Stuttgart. 1873.
- Head, K., Mayer, T., 2004.** The Empirics of agglomeration and trade. Henderson, J. V., Thisse, J.-F., Handbook of Urban and Regional Economics 4. 2004, S. 2644.
- Heckscher, E., 1919.** The effect of foreign trade on the distribution of income. Ekonomisk Tidskrift 21. 1919, S. 497 – 512.
- Heiligenthal, R.-F., 1927.** Berliner Städtebaustudie. Berlin. 1927.
- Helpman, E., 1998.** The size of regions. Pines, D., Sadka, E., Zilcha, I. Topics in public economics. Theoretical and empirical Analysis. Cambridge. Cambridge University Press. 1998, S. 33 – 54.
- Helpman, E., Krugman, P., 1985.** Market structure and foreign trade. Cambridge, MA, The MIT-Press. 1985.
- Henderson, J. V., 1974.** The sizes and types of cities. American Economic Review 64(4). 1974, S. 640 – 656.
- . **1988.** Urban development: Theory, fact and illusion. Oxford. Oxford University Press. 1988.
- . **2002a.** Urban primacy, external costs, and the quality of life. Resource and Energy Economics 24(1). 2002a, S. 95 – 106.
- Henderson, J. V., Lee, T., Lee, Y. J., 2001.** Scale externalities in Korea. Journal of Urban Economics 49(3). 2001, S. 479 – 504.

- Henderson, J. V., Mitra, A., 1996.** The new urban landscape: Developers and edge cities. Regional Science and Urban Economics, Elsevier 26(6). 1996, S. 613 – 643.
- Henderson, J. V., Venables, A. J., 2006.** The dynamics of city formation. Processed, Brown University. 2006.
- Henderson, W. O., 1965.** Britain and industrial Europe 1750 – 1870: Studies in british influence on the industrial revolution in Western Europe. Second Edition. Leicester University Press; Humanities Press, Inc., New York, distributor. 1965.
- . **1967.** The state and the industrial revolution in Prussia 1740 – 1870. Liverpool. 1967.
- . **1975.** The rise of german industrial power 1834 – 1914. Berkeley, Los Angeles. 1975.
- Henning, F. W., 1978.** Landwirtschaft und ländliche Gesellschaft in Deutschland. Bd. 2, 1750 bis 1976, 2. Auflage UTB. Paderborn. 1978.
- . **1995.** Die Industrialisierung in Deutschland 1800 bis 1914. UTB 145. Paderborn. 1995.
- Hesse, H., 1988.** Außenhandel – Determinanten. Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft, 2. Auflage. Göttingen. 1988, S. 364 – 388.
- Hey, C., Pfeiffer, T., Topan, A., 1996.** The economic impact of motorways in the peripheral regions of the EU. Freiburg. 1996.
- Hicks, J. R., 1941.** The rehabilitation of consumers' surplus. Review of economic studies 9. American Economic Association, Readings in Welfare Economics. London 1969. 1941.
- Hirschman, A. O., 1967.** Die Strategie der wirtschaftlichen Entwicklung. Übersetzung der 3. amerikanischen Auflage. Stuttgart. 1967.
- Hobsbawn, E. J., 1967.** Der britische Lebensstandard 1790 – 1850. Fischer, W., Bajor, G., Die soziale Frage, Neuere Studien zur Lage der Fabrikarbeiter in den Frühphasen der Industrialisierung. Stuttgart. 1967, S. 74 – 101.
- Höfert, A., 1993.** Neue Wachstumstheorie – Eine Systematik der Hauptströmungen. Diskussionsbeiträge der volkswirtschaftlichen Abteilung der Hochschule St. Gallen, Diskussionspapier (70). St. Gallen. 1993.
- Hoffmann, R., 1961.** Die Gestaltung der Verkehrswegenetze. Veröffentlichungen der Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Abhandlungen Band 39. Hannover. 1961.
- Hoffmann, U., 1996.** Produktivitätseffekte der öffentlichen Infrastruktur. Frankfurt am Main. 1996, S. 10.
- Hoffmann, W. G., Grumbach, F., Hesse, H., 1965.** Das Wachstum der deutschen Wirtschaft seit der Mitte des 19. Jahrhunderts. Berlin, Heidelberg, New York. 1965.
- Holtfrerich, C.-L., 1973.** Quantitative Wirtschaftsgeschichte des Ruhrkohlenbergbaus im 19. Jahrhundert. Eine Führungssektoranalyse. Dortmund. 1973.

- Holtz-Eakin, D., 1988.** Private output, government capital and the infrastructure 'crisis'. Department of Economics Discussion Paper Series (394), Columbia University. New York. 1988.
- , **1993.** Public investment in infrastructure. *Journal of Economic Perspectives* 7(4). 1993, S. 231 – 234.
- , **1994.** Public sector capital and the productivity puzzle. *The Review of Economics and Statistics* 76. 1994, S. 12 – 21.
- Holtz-Eakin, D., Schwartz, A., 1995.** Spatial productivity spillovers from public infrastructure: Evidence from state highways. *International Tax and Public Finance* 2(3). 1995, S. 459 – 468.
- Hsiao, C., 2003.** Analysis of panel data, econometric society monographs. Cambridge University Press. 2003.
- Hulten, C., Schwab, R., 1991a.** Public capital formation and the growth of regional manufacturing industries. *National Tax Journal* 64(4). 1991a, S. 121 – 134.
- , **1991b.** Is there too little capital? Infrastructure and economic growth. The University of Maryland and the American Enterprise Institute. 1991b.
- , **1993.** Infrastructure spending: Where do we go from here? *National Tax Journal* 46(3), September. 1993, S. 261 – 273.
- Hurst, C., 1995.** Infrastructure and growth, a literature review. *EIB Papers* (23). 1995, S. 57 – 69.
- Ickes, B. W., 1996.** Endogenous growth models. Department of Economics, Penn State University. University Park, PA 16802. 1996.
- Intraplan Consult GmbH (ITP), Beratergruppe Verkehr und Umwelt GmbH (BVU), 2007.** Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025. Kurzfassung, FE-Nr. 96.0857/2005. München. 2007.
- Isard, W., 1954a.** Location theory and international and interregional trade theory. *Quarterly Journal of Economics* 63. 1954a, S. 97 – 114.
- Jacob, O., 1895.** Die k. württembergischen Staatseisenbahnen in historisch-statistischer Darstellung. Ein Beitrag zur Geschichte des Eisenbahnwesens. Tübingen. 1895.
- Jacobs, A., Richter, H., 1935.** Die Großhandelspreise in Deutschland von 1792 bis 1934. Sonderheft des Instituts für Konjunkturforschung (37). Wagemann, E. Berlin. 1935.
- Jacobs, J., 1969.** The economy of cities. New York: Random House. 1969.
- Jara-Diaz, S., 1986.** On the relations on user´ benefits and the economics of transportation activities. *Journal of Regional Science*, 26(2). 1986, S. 379 – 391.
- Jochimsen, R., 1966.** Theorie der Infrastruktur. Grundlagen der marktwirtschaftlichen Entwicklung. Tübingen. 1966.
- Jochimsen, R., Gustafsson, K., 1977.** Infrastruktur – Grundlage der marktwirtschaftlichen Entwicklung. Simonis, U. E., Infrastruktur – Theorie und Politik. Köln. 1977.

- Johannson, B., 1993.** Infrastructure, accessibility and economic growth. *International Journal of Transport Economics* 20. 1993, S. 131 – 156.
- Johannson, B., Karlsson, C., 1994.** Transport infrastructure in the malar region. *Regional Studies* 28. 1994, S. 169 – 186.
- Jones, Ch. I., 2002.** Introduction to economic growth. New York: Norton & Company. 2002.
- . **1995.** R&D-based models of economic growth. *Journal of Political Economy* 103. 1995, S. 759 – 784.
- Jorgenson, D., 1991.** Fragile statistical foundations. The public's capital. 1991, S. 6 f.
- Junius, K., 1996.** Limits to industrial agglomeration, Kiel Working Paper (762). 1996.
- Kaelble, H., 1983.** Soziale Mobilität und Chancengleichheit im 19. und 20. Jahrhundert. Deutschland im internationalen Vergleich. Göttingen. 1983, S. 20.
- Kaftan, K., 1950.** Geschichte und Entwicklung des Autobahngedankens in Deutschland vor 1933. Zeitschrift: Brücke und Straße, Heft 8/9, 1950 und folgende.
- Keeble, D., Owens, P.L., Thomson, C., 1982.** Regional accessibility and economic potential in the european community. *Regional Studies* 16. 1982, S. 419 – 432.
- Kelley, A. C., Schmidt, R. M., 2005.** Evolution of recent economic-demographic modeling: A synthesis. *Journal of Population Economics* 18(2). 2005, S. 275 – 300.
- Kennedy, P., 2008.** A guide to econometrics. 6. Auflage. Malden, MA: Blackwell Publishing. 2008.
- Kesselring, H.-C., Halbherr, P., Maggi, R., 1982.** Strassennetzausbau und raumwirtschaftliche Entwicklung. Bern. 1982.
- Klippel, B., 1993.** Raumsysteme der europäischen Automobilindustrie. München. 1993.
- Klodt, H., 1992.** Theorie der strategischen Handelspolitik und neue Wachstumstheorie als Grundlage für eine Industrie und Technologiepolitik? Arbeitspolitik (533), Institut für Weltwirtschaft. Kiel. 1992.
- Knop, B. H., 1984.** Verkehr und regionaler Entwicklungsstand. Bochum. 1984.
- Köllmann, W., 1974.** Bevölkerung in der industriellen Revolution. Studien zur Bevölkerungsgeschichte Deutschlands. Göttingen. 1974.
- Königl. Preuss. Ministerium der öffentlichen Arbeiten, 1896.** Berlin und seine Eisenbahnen 1846-1896. 2 Bde. Berlin. 1896.
- Kornrumpf, M., 1990.** HAFRABA e. V., Deutsche Autobahn-Planung 1926 – 1934. Bonn. 1990.
- Krelle, W., Gabisch, G., 1972.** Wachstumstheorie. Berlin, Heidelberg, New York. 1972.
- Krieger-Boden, C., 1995.** Die räumliche Dimension in der Wirtschaftstheorie – Ältere und neuere Erklärungsansätze. Kiel. 1995, S. 60.
- Krugman, P., 1980.** Scale economics. Product differentiation and the pattern of trade. *American Economic Review* 70. 1980, S. 950 – 959.
- . **1987.** Is free trade passé? *Journal of Economic Perspectives* 1. 1987, S. 131 – 144.

- **1991a.** Increasing returns and economic geography. *Journal of Political Economy* 99. 1991a, S. 483 – 499.
- **1991b.** Geography and trade. Cambridge (Mass.). 1992. 1991b.
- **1992.** A dynamic spatial model. NBER-Working Paper. Cambridge (Mass.). 1992.
- **1993.** On the relationship between trade theory and location theory. *Review of International Economics* 1. 1993, S. 110 – 122.
- **1994.** Does third world growth hurt first world prosperity? *Harvard Business Review*. 1994, S. 113 – 121.
- **1995.** The seamless world: A spatial model of international specialisation. NBER Working Paper. Cambridge (Mass.). 1995.
- **1996.** The self-organizing economy. Malden. 1996.
- **1998.** Development, geography and economic theory. Cambridge (Mass.). 1998.
- Krugman, P., Obstfeld, M., 1994.** International economics, theory and policy. 3. Auflage. New York. 1994.
- Krugman, P., Venables, A. J., 1995.** Globalization and the inequality of nations. NBER Working Paper. Cambridge (Mass.). 1995.
- Kuntzenmüller, A., 1953.** Die badischen Eisenbahnen. 2. Auflage. Karlsruhe. 1953.
- Lärmer, K., 1975.** Autobahnbau in Deutschland. Zu den Hintergründen. *Forschungen zur Wirtschaftsgeschichte*, Band 6. Berlin (Ost). 1975.
- Lakshmanan, T. P., Anderson, W. R., 2002.** Transportation infrastructure, freight services sector and economic growth. A white paper prepared for the U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration. Boston M A. 2002.
- Lall, S. V., Koo, J., Chakravorty, S., 2003.** Diversity matters: The economic geography of industry location in India. Policy Research Working Paper 3072. World Bank. Washington, D.C. 2003.
- Laux, H. D., 1983.** Demographische Folgen des Verstädterungsprozesses. Zur Bevölkerungsstruktur und natürlichen Bevölkerungsentwicklung deutscher Städtetypen 1871 – 1914. Urbanisierung im 19. und 20. Jahrhundert. Historische und geographische Aspekte, Teuteberg H. J (Städteforschung. Veröffentlichungen des Instituts für vergleichende Städtegeschichte in Münster, Reihe A: Darstellungen, Bd. 16). Köln. 1983.
- Leamer, E., 1992.** Testing trade theory. NBER Working Paper (3957). 1992.
- Lehner, F., 1966.** Wechselbeziehungen zwischen Städtebau und Nahverkehr. Schriftenreihe für Verkehr und Technik 29. Bielefeld. 1966.
- Leiskow, H., 1930.** Spekulation und öffentliche Meinung in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Jena. 1930.
- Levin, A., Lin, C.-F., Chu, C.-S., 2002.** Unit root tests in panel data: Asymptotic and finite sample properties. *Journal of Econometrics*, 108. 2002, S. 1 – 24.

- Lian, J. I., 1996.** Methods of measuring regional impacts of transportation infrastructure investment – some critical remarks. European Conference of Ministers of Transport. Transport: New problems, new solutions. Paris. 1996, S. 425 – 450.
- Liebl, A. J., 1982.** Die Privateisenbahn München – Augsburg. Entstehung, Bau und Betrieb. Ein Beitrag zur Strukturanalyse der früheren Industrialisierung Bayerns. München. 1982.
- Ligthart, J., 2002.** Public capital and output growth in Portugal: An empirical analysis. European Review of Economics and Finance 1(2). 2002, S. 3 – 30.
- Linden, W., 1950.** Verkehrsstruktur und Raumordnung. Raumforschung und Raumordnung, Heft 3. 1950.
- . **1956.** Verkehr und Raumordnung. Raum und Verkehr I. Forschungsbericht des Ausschusses „Verkehr“ der Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Band I, Brüning, K. Bremen – Horn. 1956.
- List, F., 1841.** Das nationale System der politischen Ökonomie. 5. Auflage, Jena 1928. 1. Auflage 1841.
- Little, I. M. D., 1963.** A critique of welfare economics. 2. Auflage. Oxford. 1963.
- Lösch, A., 1944.** Die räumliche Ordnung der Wirtschaft. 2. Auflage, Jena (1. Auflage 1940). 1944.
- Lucas, R. E., 1988.** On the mechanics of economic development. Journal of Monetary Economics, 22(1). 1988, S. 3 – 42.
- Lucas, R. E., Rossi-Hansberg, E., 2002.** On the internal structure of cities. Econometrica 70(4). 2002, S. 1445 – 1476.
- Lüder, Ch. F. von, 1779.** Vollständiger Inbegriff aller bey dem Straßenbau vorkommenden Fälle, samt einer vorausgesetzten Weeg-Geschichte und einem Verzeichnis der unentbehrlichen Weeg-Gesetze. Frankfurt am Main. 1779.
- Martin, R., Sunley, P., 1996.** Paul Krugman's geographical economics and its implications for regional development theory: A critical assesment. Economic Geography 72. 1996, S. 259 – 292.
- Mas, M., Maudos, J., Perez, F., Uriel, E., 1996.** Infrastructures and productivity in the spanish regions. Regional Studies 30(7). 1996, S. 641 – 650.
- Matzerath, H., 1980.** Urbanisierung in Preußen 1815 – 1914. Schriften des Deutschen Instituts für Urbanistik. Zugl.: Berlin, Freie Univ., Habil.-Schr. Stuttgart u. a. 1980.
- Maußner, A., Klump, R., 1996.** Wachstumstheorie. Berlin. 1996.
- McDonald, J. F., Osuji, C. I., 1995.** The effect of anticipated transportation improvement on residential land values. Regional Science and Urban Economics 25. 1995, S. 261 – 278.
- McFadden, D., 1981.** Econometric models of probabilistic choice. McFadden, D., Manski, C., Structural analysis of discrete data and econometric applications, MIT Press. Cambridge. 1981, S. 198 – 272.
- McKay, C., 1989.** Möglichkeiten der privatwirtschaftlichen Finanzierung von Verkehrsinfrastrukturinvestitionen in der EG. Beiträge des Instituts für Verkehrswissenschaft Münster (119). Göttingen. 1989.

- McKinnon, A., 1996.** The contribution of road construction to economic development. European federation for transport and environment, roads and economy. Brüssel. 1996, S. 19 – 26.
- McMillen, D. P., McDonald, J. F., 1998.** Suburban subcenters and employment density in metropolitan chicago. *Journal of Urban Economics* 43. 1998, S. 157 – 180.
- Meade, J. E., 1952.** External economies and diseconomies in a competitive situation. *Economic Journal* 62. 1952, S. 54 – 67.
- . **1955.** The theory of customs unions. Amsterdam. 1955.
- Mera, K., 1973.** Regional production functions and social overhead capital: An analysis of the japanese case. *Regional and Urban Economics* 3(2). 1973, S. 157 – 185.
- Michaelis, J., 1859.** Deutschlands Eisenbahnen. Ein Handbuch für Geschäftsleute, Capitalisten und Spekulanten, Geschichte und Beschreibung der Eisenbahnen, deren Verfassung, Anlagecapital, Frequenz, Einnahme, Rentabilität und Reservefonds, nebst tabellarischer Uebersicht der Actienkurse. Leipzig. 1859.
- Michaels, G., 2008.** The effect of trade on the demand for skill – Evidence from the interstate highway system. *Review of Economics and Statistics* 90(4). 2008, S. 683 – 701.
- Mikelbank, B., Jackson, R., 2000.** The role of space in public capital research. *International Regional Science Review* 23(3). 2000, S. 235 – 258.
- Milgrom, P., Roberts, J., 1982.** Predation, reputation and entry deterrence. *Journal of Economic Theory* 27(2). 1982, S. 280 – 312.
- Mills, E. S., 1967.** An aggregative model of resource allocation in a metropolitan area. *American Economic Review (Papers and Proceedings)* 57(2). 1967, S. 197 – 210.
- . **1972.** Urban economics. Scott, Foresman, Glenview. Illinois. 1972.
- . **2000.** A thematic history of urban economic analysis. Brookings-Wharton Papers on Urban Affairs. 2000, S. 1 – 52.
- Ministerium der öffentlichen Arbeiten, Prussia (Germany). 1911.** Berlin.
- Mishan, E. J., 1959.** Rent as a measure of welfare change. *American Economic Review* 49. 1959.
- . **1975.** Cost-benefit-analysis. 4. Auflage. 1975.
- Möller, J., Zierer, M., 2014.** The impact of the german autobahn net on regional labor market performance: A study using historical instrument variables. 2014.
- Mudge, R., 1996.** Infrastructure investment can stimulate growth – Interview. *Challenge* March-April. 1996, S. 4 – 8.

- Munnell, A., 1990.** Why has productivity growth declined? Productivity and public investment. *New England Economic Review*. 1990, S. 3 – 22.
- . **1992.** Policy watch, infrastructure investment and economic growth. *Journal of Economic Perspectives* 6(4). 1992, S. 189 – 198.
- . **1993.** An assessment of trends and economic impacts of infrastructure investment. *Infrastructure Policies for the 1990s*, Paris. OECD, Chapter 2. 1993.
- Musgrave, R. A., 1966.** Finanztheorie. Übersetzung von Kullmer, L. unter Mitarbeit von Fecher, M. Tübingen. 1966.
- Muth, R. F., 1969.** Cities and housing. Chicago: University of Chicago Press. 1969.
- Myrdal, G., 1957.** Economic theory and underdeveloped regions. London. 1957.
- Neary, P., 2001.** Of hype and hyperbolas: Introducing the new economic geography. *Journal of Economic Literature* 39. 2001, S. 536 – 561.
- Nelson, R., Phelps, C., 1966.** Investment in humans, technological diffusion, and economic growth. *American Economic Review* 56(1/2). 1966, S. 69 – 75.
- Niedermüller, E. H., 1880.** Die Leipzig – Dresdner Eisenbahn ein Werk Friedrich List's. Leipzig. 1880.
- Nijkamp, P., Poot, J., 1998.** Spatial perspectives on new theories of economic growth. *The Annals of Regional Science* 32. 1998, S. 7 – 37.
- Ogawa, H., Fujita, M., 1980.** Equilibrium land use patterns in a non-monocentric city. *Journal of Regional Science* 20. 1980, S. 455 – 475.
- Ohlin, B., 1968.** Interregional and international trade. 2. überarb. Auflage. Cambridge (Mass.). 1. Auflage 1933. 1968.
- Orsagh, T. J., 1969.** Löhne in Deutschland 1871 – 1913, Neuere Literatur und weitere Ergebnisse. *Zeitschrift für die gesamte Staatswissenschaft*, 125. Band. Tübingen. 1969.
- Ottaviano, G. I. P., Puga, D., 1998.** Agglomeration in the global economy: A survey of the new economic geography. *World Economy*. 1998, S. 707 – 731.
- Ottaviano, G. I. P., Tabuchi, T., Thisse, J.-F., 2002.** Agglomeration and trade revisited. *International Economic Review* 43. 2002, S. 409 – 435.
- Ottaviano, G. I. P., Thisse, J.-F., 2001.** On economic geography in economic theory: increasing returns and pecuniary externalities. *Journal of Economic Geography* 1. 2001, S. 153 – 179.
- . **2004.** Agglomeration and economic geography. Henderson, V., Thisse, J.-F., *Handbook of Regional and Urban Economics*. Amsterdam: North Holland. 2004.
- Pereira, A. M., Andraz, J. M., 2010.** On the economic effects of public infrastructure investment: A survey of the international evidence. College of William and Mary Department of Economics. Working Paper Number 108. 2010.
- Pesaran, H., 2003.** A simple panel unit root test in the presence of cross section dependence. *Cambridge Working Papers in Economics* 0346, Faculty of Economics (DAE), University of Cambridge. 2003.

- Pfister, A., 1888.** König Friedrich von Württemberg und seine Zeit. Stuttgart. 1888.
- Pflüger, M., 2007.** Die Neue Ökonomische Geographie: Ein Überblick. Universität Passau, DIW Berlin und IZA. 2007.
- Pflüger, M., Südekum, J., 2005.** Die Neue Ökonomische Geographie und Effizienzgründe für Regionalpolitik. Vierteljahrshefte zur Wirtschaftsforschung 74. 2005, S. 26 – 46.
- . **2007.** Integration, agglomeration and welfare. Journal of Urban Economics. 2007.
- Pinnoi, N., 1992.** Public capital stock and state productivity growth: Further evidence from error components model. Empirical Economics 20(2). 1992, S. 351 – 359.
- Plümper, T., 1996.** Lexikon der Internationalen Wirtschaftsbeziehungen. München. 1996.
- Pratten, C. F., 1971.** Economies of scale in manufacturing industry. University of Cambridge, Department of applied economics: Occasional Papers (28). Cambridge. 1971.
- Premier, M., 1994.** Integration, interregionaler Handel und wirtschaftliche Entwicklung von Regionen: Eine statistische und dynamische Analyse von Integrationsprozessen aus regionalökonomischer Sicht. Tübingen. 1994.
- Puga, D., 1999.** The rise and fall of regional inequalities. European Economic Review 43. 1999, S. 303 – 334.
- . **2001.** European regional policies in light of recent location theories. CEPR Discussion Paper. 2001, S. 2767.
- Radicke, D., 1983.** Öffentlicher Nahverkehr und Stadterweiterung. Die Anfänge einer Entwicklung, beobachtet am Beispiel von Berlin zwischen 1850 und 1875. Stadterweiterung 1800 – 1875. Von den Anfängen des modernen Städtebaus in Deutschland, Fehl, G., Rodriguez-Lores, J. Bd. 2. Hamburg. 1983, S. 345 ff.
- Ram, R., Ramsey, D., 1989.** Government capital and private output in the United States – additional evidence. Economic Letters 30. 1989, S. 223 – 226.
- Ravallion, M., Wodon, Q., 1999.** Poor areas, or only poor people? Journal of Regional Science 39(4). 1999, S. 689 – 711.
- Reden, F. W. Freiherr von, 1846.** Deutsches Eisenbahn-Buch. Ein Taschenbuch für Reisende, Aktienbesitzer, Eisenbahnbeamte, Gasthalter, Kauf- und Geschäftsleute aller Art. Zweite bedeutend vermehrte und berichtigte Auflage. Danzig. 1846.
- . **1843-1847.** Die Eisenbahnen Deutschlands. Statistisch-geschichtliche Darstellung ihrer Entstehung, ihres Verhältnisses zu der Staatsgewalt, so wie ihrer Verwaltungs- und Betriebseinrichtungen. (Allgemeiner Theil – 1843, Theil II – 1844 – 1845, Supplement 1 – 1846, Supplement 2 – 1846, Supplement 3 – 1846, Supplement 4 – 1846, Supplement 5 – 1847). Berlin, Posen, Bromberg. 1843 – 1847.
- Rehbein, E., 1953.** Zum Charakter der preußischen Eisenbahnpolitik von ihren Anfängen bis zum Jahr 1879. Dissertation. Dresden. 1953.
- Rehme, G., 2007.** Wissen und Neue Wachstumstheorie: Die Rolle von fachspezifischem Humankapital. Technische Universität Darmstadt und Humboldt-Universität zu Berlin. 2007.
- Reichsverkehrsministerium, 1938.** Hundert Jahre deutsche Eisenbahn. Jubiläumsschrift, Leipzig, Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft. 1938.

- Reulecke, J., 1985.** Geschichte der Urbanisierung in Deutschland. Frankfurt am Main. 1985.
- Ricardo, D., 1975.** On the principles of political economy and taxation. (Original Cambridge, 1817). Oxford. 1975.
- Rieder, S., 1999/2.** Randregionen in der Autobahnfalle. Traverse, Strassen und Strassenverkehr. 1999/2, S. 192 – 210.
- Rietveld, P., 1989.** Infrastructure and regional development: A survey of multiregional economic models. *Annals of Regional Science* 23. 1989, S. 255 – 274.
- . **1995.** Transport infrastructure and the economy. A survey of approaches at the regional level. OECD: Investment, productivity and employment, The OECD Jobs Study. Paris. 1995, S. 103 – 119.
- Rietveld, P., Bruinsma, F., 1998.** Is transport infrastructure effective? Transport infrastructure and accessibility: Impacts on the space economy. Berlin. 1998.
- Ritter, W., 1994.** Welthandel, Geographische Strukturen und Umbrüche im internationalen Warenaustausch. Darmstadt. 1994.
- Rogers, E. M., 1983.** Diffusion of innovations. 3rd. Communications of innovations. New York, Free Press. 1983.
- Romer, P. M., 1986.** Increasing returns and long-run growth. *Journal of Political Economy*, University of Chicago Press 94(5). 1986, S. 1002 – 1037.
- Romp, W., De Haan, J., 2007.** Public capital and economic growth: A critical survey. *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* 8, Sonderheft. 2007.
- Rose, K., 1988.** Außenhandel. Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft, 2. Auflage. Göttingen. 1988, S. 363 f.
- Rosenberg, N., 1982.** Inside the blackbox. Technology and economics. Cambridge University Press. 1982.
- Rosenstein-Rodan, P. N., 1943.** Problems of industrialization in Eastern and Southeastern Europe. *Economic Journal* 53. 1943, S. 202 – 211.
- Rosenthal, S. S., Strange, W. C., 2004.** Evidence on the nature and sources of agglomeration economies. Henderson, V., Thisse, J.-F., *Handbook of Regional and Urban Economics* 4. Amsterdam: North-Holland. 2004, S. 2119 – 2171.
- Rossi-Hansberg, E., Wright, M. L. J., 2007.** Urban structure and growth. *Review of Economic Studies* 74(2). 2007, S. 597 – 624.
- Saalfeld, D., 1974.** Einkommensverhältnisse und Lebenshaltungskosten städtischer Populationen in Deutschland in der Übergangsperiode zum Industriezeitalter. Wirtschaftliche und soziale Strukturen im säkularen Wandel. Festschrift für Wilhelm Abel zum 70. Geburtstag, Band II, Bog, I., Franz, G., Kaufhold, K. H., Kellenbenz, H., Zorn, W. Hannover. 1974.
- Sala-i-Martin, X., 1996.** Regional cohesion: Evidence and theories of regional growth and convergence. *European Economic Review* 40(6). 1996, S. 1325 – 1352.

- Samuelson, P. A., 1954.** The transfer problem and transport costs II: Analysis of effects of trade impediments. *Economic Journal* 64. 1954, S. 264 – 289.
- . **1963.** *Foundations of economic analysis*. 7. Auflage. Cambridge. 1963.
- Schadendorf, W., 1965.** *Das Jahrhundert der Eisenbahnen*. München. 1965.
- Schaffer, A., Siegele, J., 2008.** Regionale Potentiale – Bedeutung und Nutzung von Potentialfaktoren in den NUTS-3-Regionen Deutschlands und Österreichs. *Jahrbuch für Regionalwissenschaften* 28(2). 2008, S. 109 – 132.
- Schlag, C.-H., 1997.** Die Kausalitätsbeziehung zwischen der öffentlichen Infrastrukturausstattung und dem Wirtschaftswachstum in der Bundesrepublik Deutschland. *Konjunkturpolitik* 43. 1997, S. 82 – 106.
- Schlieper, U., 1988.** Externe Effekte. *Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft*, 2. Auflage. Göttingen. 1988, S. 524 – 530.
- Schlömer, C., 2004.** Bestimmungsfaktoren der künftigen räumlich-demographischen Entwicklung in Deutschland. Rosenfeld, M. T. W., Schlömer, C., *Räumliche Konsequenzen des demographischen Wandels, Teil 4: Bestimmungsfaktoren der künftigen räumlich-demographischen Entwicklung in Deutschland*, ARL. Hannover. 2004, S. 1 – 36.
- Schnabel, F., 1934.** *Deutsche Geschichte im 19. Jahrhundert*. 3. Bd., Erfahrungswissenschaft und Technik. Freiburg im Breisgau. 1934.
- Schneider, E., 1961.** *Einführung in die Wirtschaftstheorie*. II. Teil: Wirtschaftspläne und wirtschaftliches Gleichgewicht in der Verkehrswirtschaft. Tübingen. 1961.
- Schumann, J., 1988.** Außenhandel – Wohlfahrtseffekte. *Handwörterbuch der Wirtschaftswissenschaft*, 2. Auflage. Göttingen. 1988.
- Schumpeter, J., 1952.** *Zur Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*. (1. Auflage München/Leipzig, 1926), 5. Auflage. Berlin. 1952.
- Seiler, K., 1950.** *Das Wirtschaftsleben der Stadt Nürnberg von 1050 bis 1950*. Kulmbach. 1950, S. 39 f.
- Shirley, C., Winston, C., 2004.** Firm inventory behaviour and the returns from highway infrastructure investments. *Journal of Urban Economics* 55(2). 2004, S. 398 – 415.
- Siebert, H., Rauscher, M., 1991.** Neuere Entwicklungen der Außenhandelstheorie. *WiSt*, H. 10. 1991, S. 503 – 509.
- Singer, H. W., 1950.** The distribution of gains between investing and borrowing countries. *American Economic Review, Papers and Proceedings* 11(2). 1950.
- Smith, A., 1974.** *Der Wohlstand der Nationen*. (Original London, 1776). München. 1974.
- Sohmen, E., 1976.** *Allokationstheorie und Wirtschaftspolitik*. Tübingen. 1976.
- Solow, R. M., 1956.** A contribution to the theory of economic growth. *Quarterly Journal of Economics* (The MIT Press) 70(1). 1956, S. 65 – 94.
- . **1994.** Perspectives on growth theory. *Journal of Economic Perspectives* 8. 1994.
- Sombart, W., 1903.** *Die deutsche Volkswirtschaft im neunzehnten Jahrhundert*. Berlin. 1903.

- Spiess, W., 1939.** Die Betriebswirtschaft des Eisenbahngütertarifs. Archiv für Eisenbahnwesen. 1939, S. 265 – 352.
- Spiethoff, A., 1955.** Die wirtschaftlichen Wechsellagen. Aufschwung, Krise, Stockung; I. Erklärende Beschreibung. Tübingen, Zürich. 1955.
- Spivey, C., 2008.** The mills-muth model of urban spatial structure: Surviving the test of time? Urban Studies 45. 2008, S. 295.
- Stahl, K., 1995.** Zu Entwicklung und Stand der regionalökonomischen Forschung. Gahlen, B., Hesse, H., Ramser, H. J., Standort und Region, neue Ansätze zur Regionalökonomik. Tübingen. 1995, S. 3 – 39.
- Statistisches Amt. 1907.** Statistisches Handbuch für das Deutsche Reich (1890 – 1904), Teil 1. Berlin. 1907, S. 302 – 303.
- . **1915.** Statistisches Jahrbuch für das Deutsche Reich (1905 – 1913), Jg. 36. Berlin. 1915, S. 137 – 138.
- Statistisches Reichsamt. 1935.** Vierteljahrshefte zur Statistik des Deutschen Reichs. 44. Jg., Erstes Heft. Berlin. 1935.
- Steen, R. C., 1986.** Nonubiquitous transportation and urban population density gradients. Journal of Urban Economics 20. 1986, S. 97 – 106.
- Stephan, A., 1997.** The impact of road infrastructure on productivity and growth: Some preliminary results for the german manufacturing sector. WZB Discussion Paper FS IV. Wissenschaftszentrum für Sozialforschung. Berlin. 1997.
- . **2001.** Regional infrastructure policy and its impact on productivity: A comparison of Germany and France. WZB Discussion Paper FS IV 01-02. Berlin: Wissenschaftszentrum Berlin (WZB). 2001.
- . **2003.** Assessing the contribution of public capital to private production: Evidence from the german manufacturing sector. International Review of Applied Economics 17. 2003, S. 399 – 418.
- Stieglitz, J., 1987.** Technological change, sunk costs, and competition. Brooking Pap. Economic Activity. 1987, S. 883 – 937.
- Stohler, J., 1977.** Zur rationalen Planung der Infrastruktur. Simonis, U. E., Infrastruktur – Theorie und Politik. Köln. 1977.
- Stumpf, B., 1960.** Die Geschichte der deutschen Eisenbahnen. Bd. 1, 3. Auflage. Mainz, Heidelberg. 1960.
- Sturm, J.-E., De Haan, J., 1995.** Is public expenditure really productive? New evidence for the USA and the Netherlands. Economic Modelling 12(1). 1995, S. 60 – 72.
- Sturm, J.-E., Kuper, G. H., De Haan, J., 1998.** Modelling government investment and economic growth on a macro level. A review. Brakman, S., van Ees, H., Kuipers, S. K., Market behaviour and macroeconomic modelling. London, Macmillan Press. 1998.
- Südekum, J., 2002.** Wie sinnvoll ist die Regionalpolitik der Europäischen Union? Zeitschrift für Wirtschaftspolitik 51. 2002, S. 121 – 141.

- Sultana, S., 2000.** Some effects of employment centers on commuting times in the Atlanta metropolitan area, 1990. *Southeastern Geographer*. 2000, S. 225 – 233.
- Summers, L., 1991.** Regionalism and the world trading system – policy implications of trade and currency zones. Wyoming: Federal Reserve Bank of Kansas City. 1991.
- Suntum, U. van, 1986.** Verkehrspolitik. WiSo-Kurzlehrbücher, Reihe Volkswirtschaft. München. 1986.
- Supper, O., 1895.** Die Entwicklung des Eisenbahnwesens im Königreich Württemberg. Denkschrift zum fünfzigsten Jahrestag der Eröffnung der ersten Eisenbahnstrecke in Württemberg am 22. Oktober 1845. Stuttgart. 1895.
- Sveikauskas, L., 1975.** The productivity of cities. *Quarterly Journal of Economics* 89(3). 1975, S. 393 – 413.
- Swan, T. W., 1956.** Economic growth and capital accumulation. *The Economic Record* 32. 1956, S. 334 – 361.
- Szabad, G., 1961.** Das Anwachsen der Ausgleichstendenzen der Produktenpreise im Habsburgerreich um die Mitte des 19. Jahrhunderts. Sándor, V., Hanák, P., *Studien zur Geschichte der Österreichisch-Ungarischen Monarchie*, Akadémiai Kiadó. Budapest. 1961, S. 220 ff.
- Tabuchi, T., Thisse, J.-F., 2006.** Regional specialization, urban hierarchy, and commuting costs. *International Economic Review* 47. 2006, S. 1295 – 1317.
- Tatom, J. A., 1991.** Public capital and private-sector performance. *Review of the Federal Reserve Bank of St.Louis* 78(3). 1991, S. 3 – 15.
- . 1993. Is an infrastructure crisis lowering the nation's productivity? *Federal Reserve Bank of St. Louis Review* 75(6). 1993, S. 3 – 21.
- Thomas, V., 1980.** Spatial differences in the cost of living. *Journal of Urban Economics* 8(2). 1980, S. 108 – 122.
- Thünen, J. H. von, 1921.** Der isolierte Staat in Bezug auf Landwirtschaft und Nationalökonomie. 2. Auflage. (1. Auflage 1826). Jena. 1921.
- Timmins, Ch., 2006.** Estimating spatial differences in the brazilian cost of living with households location choices. *Journal of Development Economics* 80(1). 2006, S. 59 – 83.
- Tivig, T., Hetze, P., 2007.** Deutschland im demographischen Wandel. Rostocker Zentrum zur Erforschung des demographischen Wandels. Rostock. 2007.
- Treue, W., 1966.** Wirtschaftsgeschichte der Neuzeit. Das Zeitalter der technisch-industriellen Revolution 1700 bis 1966. Stuttgart. 1966, S. 526 ff.
- Uzawa, H., 1965.** Optimal technical change in an aggregative model of economic growth. *International Economic Review* 6(1). 1965, S. 18 – 31.
- Vahrenkamp, R., 2008.** Die Autobahn als Infrastruktur und der Autobahnbau 1933 – 1943 in Deutschland. *Working Papers in the History of Mobility* (3/2001), University of Kassel. 2008.
- Varga, A., 2000.** Local academic knowledge transfers and the concentration of economic activity. *Journal of Regional Science*, 40. 2000, S. 289 – 309.

- Venables, A. J., 1996.** Equilibrium locations of vertically linked industries. *International Economic Review* 37(2). 1996, S. 341 – 359.
- Venables, A. J., Gasior, M., 1999.** The welfare implications of transport improvements in the presence of market failure. Part I, sacra, detr. London. 1999.
- Vickerman, R. W., 1994.** Transport infrastructure and region building – the european community. *Journal of Common Market Studies* 32. 1994, S. 1 – 24.
- Vickerman, R. W., Monnet, J., 2001.** Transport and economic growth. Annex 3. Goodwin, P., European Conference of Ministers of Transport (ECMT). Assessing the benefits of transport, OECD Publications Service. Paris. 2001.
- Voigt, F., 1965.** Verkehr. Zweiter Band, Erste Hälfte, Die Entwicklung des Verkehrssystems. Berlin. 1965.
- Wagenblaß, H., 1973.** Der Eisenbahnbau und das Wachstum der deutschen Eisen- und Maschinenbauindustrie 1835 – 1860. Ein Beitrag zur Geschichte der Industrialisierung Deutschlands. Stuttgart. 1973.
- Walter, R., 1989.** Märkte, Börsen, Messen, Ausstellungen im 19. und 20 Jahrhundert. Pohl, H., Die Bedeutung der Kommunikation für Wirtschaft und Gesellschaft, VSWG-Beiheft 87. Stuttgart. 1989.
- Weber, A., 1922.** Über den Standort der Industrien. Erster Teil: Reine Theorie des Standorts. (1. Auflage 1909), 2. Auflage. 1922.
- Wegener, M., 1995.** Accessibility and development impacts. Banister, D., Transport and urban development, London. 1995, S. 157.
- Wehler, H.-U., 1989.** Deutsche Gesellschaftsgeschichte: Von der Reformära bis zur industriellen und politischen Deutschen Revolution 1815 – 1845/49. Zweiter Band. München. 1989.
- Weiler, F., 1996.** Das Infant-Industry-Argument für protektionistische Maßnahmen: Theoretische Einordnung und wirtschaftspolitische Relevanz. Marburg. 1996.
- Welch, F., 1970.** Education in production. *Journal of Political Economy*, University of Chicago Press 78(1). 1970, S. 35 – 59.
- White, H., 1980.** A heteroscedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroscedasticity. *Econometrica* 48. 1980, S. 817 – 838.
- Wiedemann, H., 1902.** Die sächsischen Eisenbahnen in historisch-statistischer Darstellung. Leipzig. 1902.
- Witt, G., 1968.** Die Entstehung des nordost-bayerischen Eisenbahnnetzes. Politische, wirtschaftliche und verkehrsgeographische Motive und Probleme. Dissertation an der Friedrich-Alexander-Universität. Erlangen-Nürnberg. 1968.
- Zucker, L. G., Darby, M. R., Brewer, M. B., 1998.** Intellectual human capital and the birth of U.S. biotechnology enterprises. *American Economic Review* 88(1). 1998, S. 290 – 306.

9 Anhang

A Divergenz in Westdeutschland

A.1 Sozioökonomische Variable: Ausschließlich Studienabschlüsse von 1994

Tabelle 29

Entwicklung der Lohnsumme und des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, OLS-Schätzung, Westdeutschland

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
A: Entwicklung der Lohnsumme, $y_{rt+1} - y_{rt}$						
In (Autobahnkilometer _{1937, 1994})	0,760 ^a (0,144)	0,820 ^a (0,135)	0,794 ^a (0,143)	0,756 ^a (0,145)	0,794 ^a (0,143)	0,756 ^a (0,145)
In (Lohnsumme ₁₉₉₄)	2,324 (1,623)	7,353 ^b (2,626)	8,582 ^a (2,849)	9,102 ^a (2,946)	8,582 ^a (2,849)	9,102 ^a (2,946)
R-Quadrat	0,31	0,38	0,39	0,31	0,39	0,31
B: Verkehrsnetzentwicklung, $i_{rt+1} - i_{rt}$						
In (Autobahnkilometer _{1937, 1994})	-0,068 ^b (0,026)	-0,063 ^a (0,024)	-0,068 ^a (0,026)	-0,068 ^a (0,026)	-0,068 ^a (0,026)	-0,068 ^a (0,026)
In (Lohnsumme ₁₉₉₄)	0,003 (0,110)	0,127 (0,240)	0,182 (0,283)	0,163 (0,291)	0,182 (0,283)	0,163 (0,291)
R-Quadrat	0,11	0,10	0,12	0,10	0,12	0,10
Kontrollvariablen						
{ In (Bevölkerung) } $t \in 1939, \dots, 1990$	N	J	J	J	J	J
Sozioökonomische Kontrollen	J	J	J	J	J	J
In (Fläche in km ²)	J	N	N	N	N	N
Bundesländer	J	J	J	N	J	N
Kreistypen	J	N	J	J	J	J
Urbanisierung	N	N	N	N	J	J
Suburbanisierung	N	N	N	N	J	J

Notation: In (X) = nat. Logarithmus der Variablen X. Konstanten werden nicht ausgewiesen. a, b, c signifikant bei Signifikanzniveau von 1 %, 5 %, 10 %. In Klammern: Standardfehler; Teiltabelle A: Abhängige Variable – $\Delta_{1994, 2008}$ In Beschäftigung. Teiltabelle B: Abhängige Variable – $\Delta_{1994, 2008}$ In Autobahnkilometer.

Tabelle 30

Entwicklung der Lohnsumme und des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, IV-Schätzung (TSLS), Westdeutschland

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
Entwicklung der Lohnsumme, $y_{rt+1} - y_{rt}$						
ln (Autobahnkilometer _{1937, 1994})	0,357 ^c (0,201)	0,522 ^a (0,180)	0,453 ^b (0,196)	0,400 ^b (0,204)	0,453 ^b (0,196)	0,400 ^b (0,204)
ln (Lohnsumme ₁₉₉₄)	2,191 (1,642)	7,249 ^b (2,686)	8,350 ^a (2,914)	8,672 ^a (3,022)	8,350 ^a (2,914)	8,672 ^a (3,022)
Kontrollvariablen						
{ ln (Bevölkerung) } $t \in 1939, \dots, 1990$	N	J	J	J	J	J
Sozioökonomische Kontrollen	J	J	J	J	J	J
ln (Fläche)	J	N	N	N	N	N
Bundesländer	J	J	J	N	J	N
Kreistypen	J	N	J	J	J	J
Urbanisierung	N	N	N	N	J	J
Suburbanisierung	N	N	N	N	J	J
Historische Instrumente						
Reichsautobahnnetz ₁₉₃₇	J	J	J	J	J	J
Reichsstraßennetz ₁₉₃₇	J	J	N	N	N	N
Schienennetz ₁₈₉₀	J	J	J	J	J	J

Notation: ln (X) = nat. Logarithmus der Variablen X. Konstanten werden nicht ausgewiesen. a, b, c signifikant bei Signifikanzniveau von 1 %, 5 %, 10 %. In Klammern: Standardfehler; Abhängige Variable – $\Delta_{1994, 2008}$ ln Beschäftigung. Alle Regressionen unter Berücksichtigung der jeweilig benannten Instrumente.

A.2 Sozioökonomische Variable: Ausschließlich Lehrabschlüsse von 1994

Tabelle 31

Entwicklung der Lohnsumme und des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, OLS-Schätzung, Westdeutschland

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
A: Entwicklung der Lohnsumme, $y_{rt+1} - y_{rt}$						
ln (Autobahnkilometer _{1937, 1994})	0,755 ^a (0,145)	0,778 ^a (0,137)	0,777 ^a (0,143)	0,739 ^a (0,146)	0,777 ^a (0,143)	0,739 ^a (0,146)
ln (Lohnsumme ₁₉₉₄)	3,870 ^a (1,468)	7,948 ^a (2,142)	9,363 ^a (2,528)	9,698 ^a (2,595)	9,363 ^a (2,528)	9,698 ^a (2,595)
R-Quadrat	0,29	0,38	0,39	0,31	0,39	0,31
B: Verkehrsnetzentwicklung, $i_{rt+1} - i_{rt}$						
ln (Autobahnkilometer _{1937, 1994})	-0,063 ^a (0,023)	-0,056 ^a (0,021)	-0,064 ^a (0,024)	-0,063 ^a (0,024)	-0,064 ^a (0,024)	-0,063 ^a (0,024)
ln (Lohnsumme ₁₉₉₄)	0,053 (0,095)	0,016 (0,214)	0,198 (0,265)	0,059 (0,279)	0,198 (0,265)	0,059 (0,279)
R-Quadrat	0,13	0,11	0,13	0,12	0,13	0,12
Kontrollvariablen						
{ ln (Bevölkerung) } _{t ∈ 1939, ..., 1990}	N	J	J	J	J	J
Sozioökonomische Kontrollen	J	J	J	J	J	J
ln (Fläche in km ²)	J	N	N	N	N	N
Bundesländer	J	J	J	N	J	N
Kreistypen	J	N	J	J	J	J
Urbanisierung	N	N	N	N	J	J
Suburbanisierung	N	N	N	N	J	J

Notation: ln (X) = nat. Logarithmus der Variablen X. Konstanten werden nicht ausgewiesen. a, b, c signifikant bei Signifikanzniveau von 1 %, 5 %, 10 %. In Klammern: Standardfehler; Teiltabelle A: Abhängige Variable – $\Delta_{1994, 2008}$ ln Beschäftigung. Teiltabelle B: Abhängige Variable – $\Delta_{1994, 2008}$ ln Autobahnkilometer.

Tabelle 32

Entwicklung der Lohnsumme und des Autobahnnetzes, jeweils in Abhängigkeit der Infrastruktur, IV-Schätzung (TSLS), Westdeutschland

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]
Entwicklung der Lohnsumme, $y_{rt+1} - y_{rt}$						
ln (Autobahnkilometer _{1937, 1994})	0,413 ^c (0,202)	0,493 ^a (0,183)	0,472 ^b (0,196)	0,410 ^b (0,203)	0,472 ^b (0,196)	0,410 ^b (0,203)
ln (Lohnsumme ₁₉₉₄)	3,800 (1,488)	7,589 ^a (2,202)	9,221 ^a (2,584)	9,330 ^a (2,645)	9,221 ^a (2,584)	9,330 ^a (2,645)
Kontrollvariablen						
{ ln (Bevölkerung) } $t \in 1939, \dots, 1990$	N	J	J	J	J	J
Sozioökonomische Kontrollen	J	J	J	J	J	J
ln (Fläche)	J	N	N	N	N	N
Bundesländer	J	J	J	N	J	N
Kreistypen	J	N	J	J	J	J
Urbanisierung	N	N	N	N	J	J
Suburbanisierung	N	N	N	N	J	J
Historische Instrumente						
Reichsautobahnnetz ₁₉₃₇	J	J	J	J	J	J
Reichsstraßennetz ₁₉₃₇	J	J	N	N	N	N
Schienennetz ₁₈₉₀	J	J	J	J	J	J

Notation: ln (X) = nat. Logarithmus der Variablen X. Konstanten werden nicht ausgewiesen. a, b, c signifikant bei Signifikanzniveau von 1 %, 5 %, 10 %. In Klammern: Standardfehler; Abhängige Variable – $\Delta_{1994, 2008}$ ln Beschäftigung. Alle Regressionen unter Berücksichtigung der jeweilig benannten Instrumente.

B Statistik der Hauptvariablen (Auszug)

B.1 West- und Ostdeutschland:

Variable	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
$\Delta \ln$ (Beschäftigung _{1994, 2008})	15,97522	16,86015	-48,84253	57,01065
$\Delta \ln$ (Lohnsumme _{1994, 2008})	0,8455729	0,1668682	0,3159218	1,329786
$\Delta \ln$ (Autobahnkilometer _{1994, 2008})	0,5610406	2,204005	-6,907755	11,44036
$\Delta \ln$ (Autobahnkilometer _{1937, 1994})	4,485229	4,994974	-10,66146	11,71178

Quelle: Eigene Berechnungen; NUTS-3-Regionen, Gebietsstand von 2008.

Variable	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Fläche in km ²	862,9268	634,5801	35,71	3058,08
Bevölkerungsdichte 1939	388,5141	593,6028	33,32516	3527,115
Bevölkerungsdichte 1987	500,9899	647,8327	39,04839	3818,642
Bevölkerungsdichte 1990	513,9024	663,8876	40,2496	3959,108
Bevölkerungsdichte 2008	514,5382	653,5166	38,85427	4208,458
\ln (Beschäftigung 1994)	10,76285	0,6798324	9,387566	13,51007
\ln (Beschäftigung 2008)	10,9226	0,6808855	9,547669	13,67249
\ln (Lohnsumme 1994)	14,20709	0,7427659	12,72968	17,14824
\ln (Lohnsumme 2008)	15,05266	0,7726625	13,31081	18,03156
\ln (Bevölkerung 1939)	11,52102	0,7130569	8,824531	14,35314
\ln (Bevölkerung 1950)	11,75273	0,6549084	9,896765	14,28906
\ln (Bevölkerung 1961)	11,79848	0,6592892	10,07306	14,42115
\ln (Bevölkerung 1970)	11,86798	0,6562721	10,16138	14,39986
\ln (Bevölkerung 1987)	11,8908	0,6215384	10,4155	14,28098
\ln (Bevölkerung 1990)	11,91534	0,6213135	10,4317	14,31772
\ln (Bevölkerung 1995)	11,94398	0,6202734	10,49493	14,35078
\ln (Bevölkerung 2000)	11,95052	0,6239781	10,48344	14,35515
\ln (Bevölkerung 2008)	11,9403	0,6341977	10,45107	14,38368
$\Delta \ln$ (Bevölkerung _{1939, 1950})	23,171	21,28205	-49,80145	131,8918
$\Delta \ln$ (Bevölkerung _{1950, 1961})	4,574794	14,95351	-31,73494	93,19324
$\Delta \ln$ (Bevölkerung _{1961, 1970})	6,949987	8,523733	-10,06327	55,98154
$\Delta \ln$ (Bevölkerung _{1970, 1987})	2,281741	15,8042	-71,04683	77,50378
\ln (Studium 1994)	0,0578903	0,0395935	0	0,2906977
\ln (Lehre 1994)	0,7697165	0,0612057	0,6294574	1
\ln (Studium 2000)	0,0672345	0,0476138	0,0084926	0,2891566
\ln (Lehre 2000)	0,752135	0,0688229	0,6212971	0,9736842
\ln (Studium 2008)	0,0741395	0,0492919	0	0,3333333
\ln (Lehre 2008)	0,07658087	0,0616441	0,6041667	0,9672131
\ln (Fläche)	6,332344	1,098345	3,575431	8,025542

Quelle: Eigene Berechnungen; NUTS-3-Regionen, Gebietsstand von 2008.

Dummy-Variable	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Kreistyp 1	0,0995146	0,2997156	0	1
Kreistyp 2	0,1019417	0,3029396	0	1
Kreistyp 3	0,0825243	0,2754963	0	1
Kreistyp 4	0,0461165	0,2099924	0	1
Kreistyp 5	0,0703883	0,2561114	0	1
Kreistyp 6	0,2063107	0,4051481	0	1
Kreistyp 7	0,1601942	0,367232	0	1
Kreistyp 8	0,1407767	0,3482139	0	1
Schleswig-Holstein	0,038835	0,1934363	0	1
Niedersachsen	0,1165049	0,3212194	0	1
Nordrhein-Westfalen	0,131068	0,337885	0	1
Hessen	0,0631068	0,2434506	0	1
Rheinland-Pfalz	0,0873786	0,2827324	0	1
Baden-Württemberg	0,1067961	0,3092294	0	1
Bayern	0,2330097	0,4232624	0	1
Saarland	0,0145631	0,1199414	0	1
Brandenburg	0,0436893	0,2046515	0	1
Mecklenburg-Vorpommern	0,0436893	0,2046515	0	1
Sachsen	0,0436893	0,1750204	0	1
Sachsen-Anhalt	0,0339806	0,1813995	0	1
Thüringen	0,0558252	0,2298631	0	1
Urbanisierung	0,1699029	0,3760041	0	1
Suburbanisierung	0,3082524	0,4623329	0	1

Quelle: Eigene Berechnungen; NUTS-3-Regionen, Gebietsstand von 2008.

B.2 Westdeutschland:

Variable	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
$\Delta \ln$ (Beschäftigung _{1994, 2008})	22,24311	11,25017	-10,23293	57,01065
$\Delta \ln$ (Lohnsumme _{1994, 2008})	0,8813527	0,1442991	0,5074596	1,329786
$\Delta \ln$ (Autobahnkilometer _{1994, 2008})	0,2772491	1,515299	-2,005334	10,34554
$\Delta \ln$ (Autobahnkilometer _{1937, 1994})	5,207827	4,876652	-9,109967	11,71178

Quelle: Eigene Berechnungen; NUTS-3-Regionen, Gebietsstand von 2008.

Variable	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Fläche in km ²	761,5189	534,0462	35,71	2881,4
Bevölkerungsdichte 1939	402,2504	615,258	33,32516	3527,115
Bevölkerungsdichte 1987	532,5973	673,6138	39,04839	3818,642
Bevölkerungsdichte 1990	552,8687	695,5878	40,32496	3959,108
Bevölkerungsdichte 2008	568,5121	693,2354	41,19963	4208,458
\ln (Beschäftigung 1980)	10,67654	0,7377073	9,11052	13,5865
\ln (Beschäftigung 1990)	10,7572	0,7261307	9,291921	13,48506
\ln (Beschäftigung 1994)	10,76129	0,7067628	9,387566	13,51007
\ln (Beschäftigung 2000)	10,9429	0,6961163	9,517825	13,58805
\ln (Beschäftigung 2008)	10,98373	0,6950151	9,547669	13,67249
\ln (Lohnsumme 1994)	14,25884	0,7658031	12,72968	17,14824
\ln (Lohnsumme 2008)	15,14019	0,7901534	13,31081	18,03156
\ln (Bevölkerung 1939)	11,43749	0,6980327	8,824531	14,35314
\ln (Bevölkerung 1950)	11,68747	0,6433201	9,896765	14,28906
\ln (Bevölkerung 1961)	11,76109	0,6651211	10,07306	14,42115
\ln (Bevölkerung 1970)	11,84467	0,6705642	10,16138	14,39986
\ln (Bevölkerung 1987)	11,87745	0,6415264	10,4155	14,28098
\ln (Bevölkerung 1990)	11,91907	0,6428697	10,4317	14,31772
\ln (Bevölkerung 1995)	11,96515	0,6399452	10,49493	14,35078
\ln (Bevölkerung 2000)	11,97953	0,641774	10,48344	14,35515
\ln (Bevölkerung 2008)	11,98314	0,6481613	10,45107	14,38368
$\Delta \ln$ (Bevölkerung _{1939, 1950})	24,99813	21,52909	-37,78124	131,8918
$\Delta \ln$ (Bevölkerung _{1950, 1961})	7,361524	15,1308	-31,73494	93,19324
$\Delta \ln$ (Bevölkerung _{1961, 1970})	8,357829	7,87613	-10,06327	37,69817
$\Delta \ln$ (Bevölkerung _{1970, 1987})	3,278101	15,86827	-71,04683	77,50378
\ln (Studium 1980)	0,0292543	0,0183769	0	0,1513378
\ln (Lehre 1980)	0,6211528	0,048893	0,4311111	0,8377029
\ln (Studium 1990)	0,0440488	0,0244383	0,0084926	0,1880466
\ln (Lehre 1990)	0,7249215	0,0346915	0,5721501	0,8294011
\ln (Studium 1994)	0,051495	0,028233	0,0107066	0,2172662
\ln (Lehre 1994)	0,7453672	0,0298761	0,6294574	0,8254113
\ln (Studium 2000)	0,0556658	0,0312407	0,0084926	0,2169092
\ln (Lehre 2000)	0,722491	0,0283688	0,6212971	0,7874565
\ln (Studium 2008)	0,0619272	0,0330835	0,0128617	0,2146371
\ln (Lehre 2008)	0,7424103	0,0334844	0,6328413	0,8392857
\ln (Fläche)	6,234789	1,064694	3,575431	7,966032

Quelle: Eigene Berechnungen; NUTS-3-Regionen, Gebietsstand von 2008.

Dummy-Variable	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Kreistyp 1	0,1165644	0,3213938	0	1
Kreistyp 2	0,1288344	0,3355315	0	1
Kreistyp 3	0,095092	0,293793	0	1
Kreistyp 4	0,0245399	0,1549559	0	1
Kreistyp 5	0,0644172	0,245872	0	1
Kreistyp 6	0,2331288	0,4234736	0	1
Kreistyp 7	0,1503067	0,3579212	0	1
Kreistyp 8	0,1319018	0,3389042	0	1
Schleswig-Holstein	0,0490798	0,2163667	0	1
Niedersachsen	0,1472393	0,354889	0	1
Nordrhein-Westfalen	0,1656442	0,3723324	0	1
Hessen	0,0797546	0,2713294	0	1
Rheinland-Pfalz	0,1104294	0,3139061	0	1
Baden-Württemberg	0,1349693	0,3422161	0	1
Bayern	0,2944785	0,4565087	0	1
Saarland	0,0184049	0,1346171	0	1
Urbanisierung	0,1699029	0,3760041	0	1
Suburbanisierung	0,3082524	0,4623329	0	1

Quelle: Eigene Berechnungen; NUTS-3-Regionen, Gebietsstand von 2008.

B.3 Ostdeutschland:

Variable	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
$\Delta \ln$ (Beschäftigung _{1994, 2008})	-7,784446	12,9898	-48,84253	21,91334
$\Delta \ln$ (Lohnsumme _{1994, 2008})	0,7099426	0,1774895	0,3159218	1,154969
$\Delta \ln$ (Autobahnkilometer _{1994, 2008})	1,636808	3,637172	-6,907755	11,44036
$\Delta \ln$ (Autobahnkilometer _{1937, 1994})	1,746079	4,485031	-10,66146	11,37366

Quelle: Eigene Berechnungen; NUTS-3-Regionen, Gebietsstand von 2008.

Variable	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Fläche in km ²	1247,333	817,1265	38,97	3058,08
Bevölkerungsdichte 1939	336,4441	502,9413	34,32893	2570,006
Bevölkerungsdichte 1987	381,1761	525,3639	44,59883	2439,283
Bevölkerungsdichte 1990	366,1932	503,2457	41,92359	2297,689
Bevölkerungsdichte 2008	309,9398	417,2012	38,85427	1741,079
\ln (Beschäftigung 1994)	10,76873	0,5699026	9,833762	12,30869
\ln (Beschäftigung 2008)	10,69088	0,5710276	9,785323	12,38179
\ln (Lohnsumme 1994)	14,01091	0,6132698	13,02786	15,7149
\ln (Lohnsumme 2008)	14,72085	0,5989452	13,6248	16,57975
\ln (Bevölkerung 1939)	11,83767	0,6835844	10,16731	13,54661
\ln (Bevölkerung 1950)	12,00012	0,6428215	10,35364	13,43563
\ln (Bevölkerung 1961)	11,94023	0,6201224	10,31434	13,37765
\ln (Bevölkerung 1970)	11,95636	0,5943615	10,45697	13,37246
\ln (Bevölkerung 1987)	11,94141	0,5394904	10,83842	13,2969
\ln (Bevölkerung 1990)	11,90122	0,5349037	10,81195	13,24109
\ln (Bevölkerung 1995)	11,86376	0,5350218	10,72188	13,16586
\ln (Bevölkerung 2000)	11,84057	0,5406907	10,70194	13,10869
\ln (Bevölkerung 2008)	11,77791	0,552044	10,61478	13,14758
$\Delta \ln$ (Bevölkerung _{1939, 1950})	16,24489	18,88064	-49,80145	62,92667
$\Delta \ln$ (Bevölkerung _{1950, 1961})	-5,988855	7,947083	-22,06669	19,12937
$\Delta \ln$ (Bevölkerung _{1961, 1970})	1,613282	8,814753	-8,991337	55,98154
$\Delta \ln$ (Bevölkerung _{1970, 1987})	-1,495158	15,05698	-40,0176	66,54158
\ln (Studium 1994)	0,0821329	0,0614882	0	0,2906977
\ln (Lehre 1994)	0,8620174	0,0617033	0,6818182	1
\ln (Studium 2000)	0,1110879	0,0690741	0,0149254	0,2891566
\ln (Lehre 2000)	0,8645062	0,0606592	0,7058824	0,9736842
\ln (Studium 2008)	0,1204329	0,0694481	0	0,3333333
\ln (Lehre 2008)	0,854505	0,0634646	0,6041667	0,9672131
\ln (Fläche)	6,702145	1,150652	3,662792	8,025542

Quelle: Eigene Berechnungen; NUTS-3-Regionen, Gebietsstand von 2008.

Dummy-Variable	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Kreistyp 1	0,0348837	0,1845614	0	1
Kreistyp 2	0	0	0	1
Kreistyp 3	0,0348837	0,1845614	0	1
Kreistyp 4	0,127907	0,3359451	0	1
Kreistyp 5	0,0930233	0,2921686	0	1
Kreistyp 6	0,1046512	0,3078988	0	1
Kreistyp 7	0,1976744	0,400581	0	1
Kreistyp 8	0,1744186	0,3816947	0	1
Brandenburg	0,2093023	0,4091966	0	1
Mecklenburg-Vorpommern	0,2093023	0,4091966	0	1
Sachsen	0,1511628	0,36*03084	0	1
Sachsen-Anhalt	0,1627907	0,3713399	0	1
Thüringen	0,2674419	0,4452209	0	1
Urbanisierung	0,127907	0,3359451	0	1
Suburbanisierung	0,1046512	0,3078988	0	1

Quelle: Eigene Berechnungen; NUTS-3-Regionen, Gebietsstand von 2008.

C Erhebung der Daten für die Instrumente (Schiene)

Abbildung 17

Digitalisiertes Schienennetz von 1890, NUTS-1-Ebene (Europa)

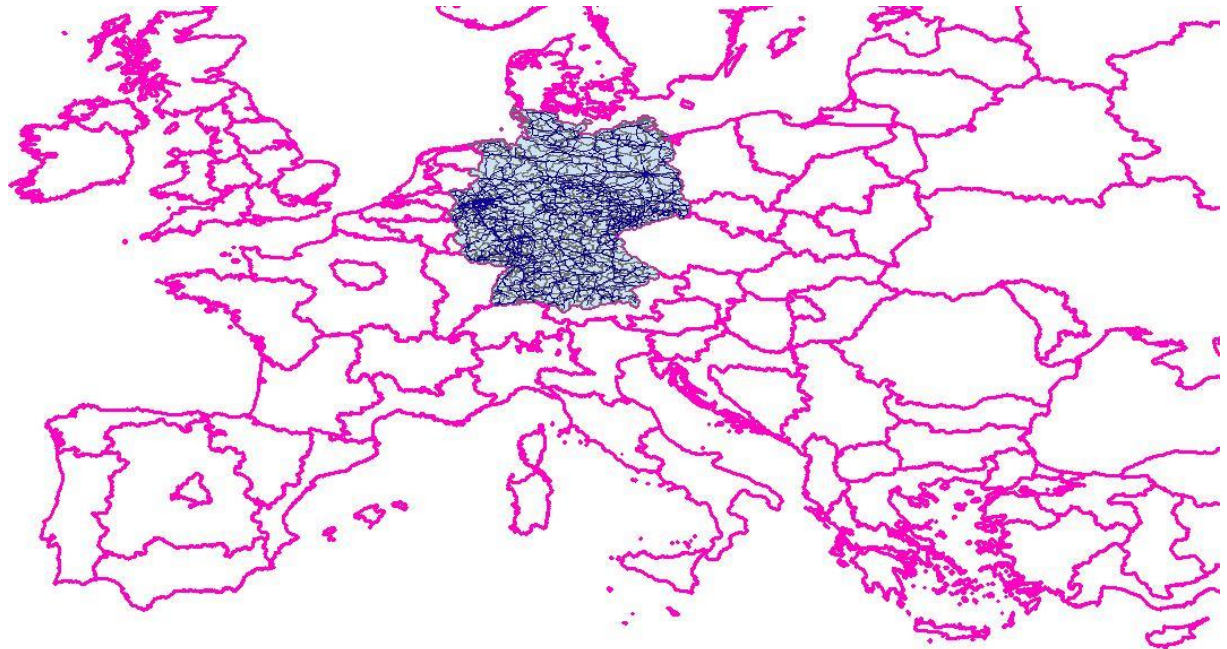


Abbildung 18

Digitalisiertes Schienennetz von 2008 (Europa)



Abbildung 19

Digitalisiertes Schienennetz von 2008, NUTS-1-Ebene (Europa)

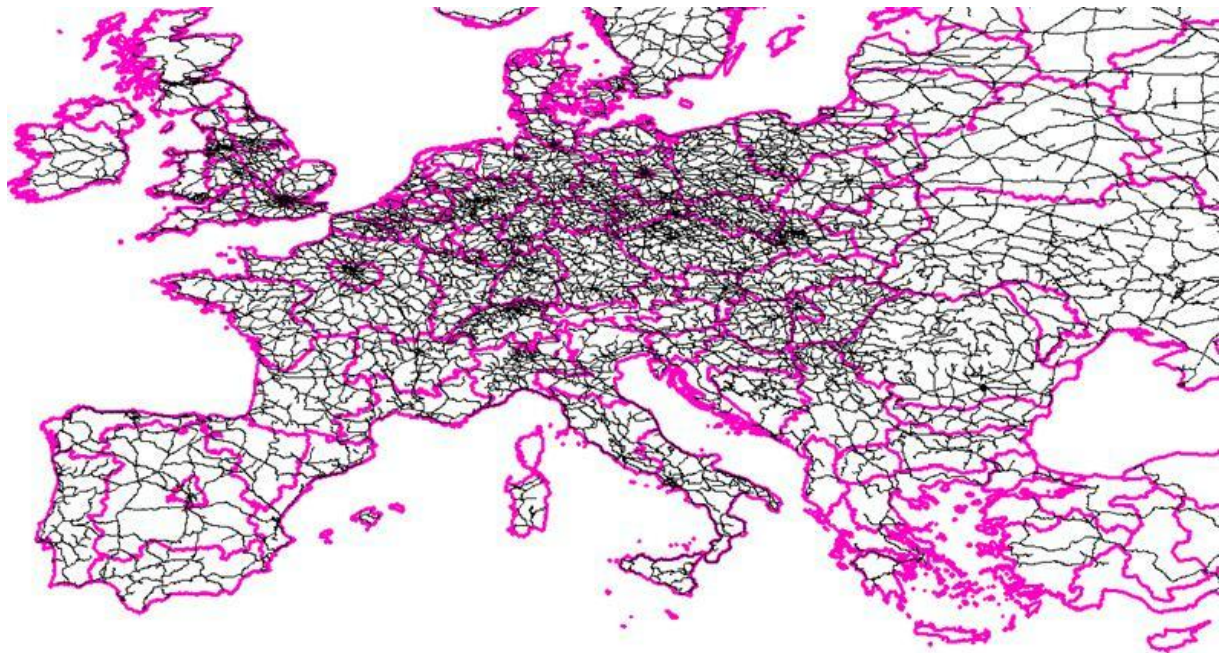
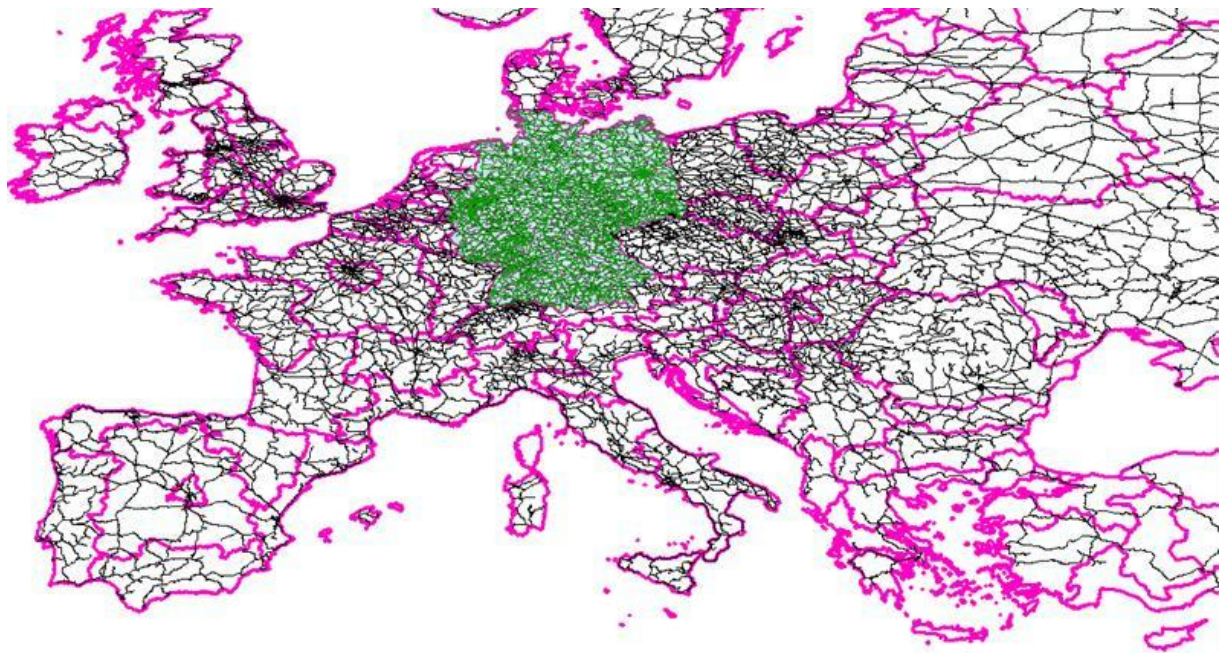


Abbildung 20

Digitalisierte Schienennetze von 1890 und 2008, NUTS-1- und NUTS-3-Ebene (Europa)



D Quellen der Datensätze

Amt für Statistik, Berlin-Brandenburg.

Amt für Straßen und Verkehr, Freie Hansestadt Bremen.

Bayerische Staatsbibliothek, München.

Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation, Amt für Verkehr und Straßenwesen, Freie Hansestadt Hamburg.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR).

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS).

Deutsche Bahn Museum, Nürnberg.

DB Mobility Logistics AG.

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung (DIW), Berlin.

Fachzentrum Straßeninformation, Regierungspräsidium Tübingen, Landesstelle für Straßentechnik.

Hessen Mobil, Straßen- und Verkehrsmanagement, Dezernat Steuerung Betrieb.

Information und Technik, Geschäftsbereich Statistik, Nordrhein-Westfalen (IT.NRW).

Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB). Nürnberg.

Landesamt für Bau und Verkehr, Freistaat Thüringen.

Landesbetrieb für Straßenbau, Saarland.

Landesbetrieb Straßenbau und Verkehr, Schleswig-Holstein (LBV-SH), Straßeninformationsbank.

Landesstraßenbaubehörde, Sachsen-Anhalt.

LISt Gesellschaft für Verkehrswesen und ingenieurtechnische Dienstleistungen mbH.

Ministerium für Landesentwicklung und Verkehr des Landes Sachsen-Anhalt.

Niedersächsische Landesbehörde für Straßenbau und Verkehr.

Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, München.

Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr.

Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern, Statistischer Beratungs- und Informationsdienst.

Statistisches Bundesamt (Destatis).